

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГРАФИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ПРОПОРЦИЙ  
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ МОСКВА**

*Л.В. Разумовский\*, Н.М. Щеголькова, В.Л. Разумовский*

Институт водных проблем Российской академии наук,  
Россия, 199333, Москва, ул. Губкина, 3; \**lazy-lion@mail.ru*

**Резюме.** Впервые при анализе изменений структуры фитопланктонных сообществ р. Москвы (2006–2012 гг.) использован метод графического анализа таксономических пропорций. Исследования проводились на участке протяженностью 34 км, в пределах воздействия московского мегаполиса. Анализ трансформации структуры фитопланктона был основан на данных по общему количеству видов и их численности, как с учетом, так и без учета редких таксонов. Выявлены закономерности поэтапной пространственной трансформации структуры речного фитопланктона. Установлено, что к основным факторам, преобразующими его естественную структуру, можно отнести: 1) очищенные сточные воды, несущие специфический (не присущий реке) фитопланктон, 2) аномально-жаркий летний сезон 2010 года (среднемесячная температура воздуха в июле: 26.1°C).

**Ключевые слова.** Графический анализ, фитопланктонные сообщества, таксономическая структура, воды очистных сооружений.

**PROSPECTS OF APPLICATION OF THE TAXONOMIC  
PROPORTIONS GRAPHICAL ANALYSIS METHOD  
IN THE STUDY OF THE MOSCOW RIVER PHYTOPLANKTON**

*L.V. Razumovskiy\*, N.M. Schegolkova, V.L. Razumovskiy*

Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences,  
3, Gubkina str., 119333, Moscow, Russia; \**lazy-lion@mail.ru*

**Abstract.** The taxonomic composition of phytoplankton communities in the Moscow River was studied in the area of Moscow megalopolis during 2006–2012. The samples were collected along 34 km section of Moscow megalopolis impact zone. To analyze the structural transformation we estimated the total number of species and abundance of phytoplankton, and also used the analysis of taxonomic structure of diatom complexes with and without taking into account rare taxa. The basic regularities of spatial transformation of river phytoplankton were revealed. The main factors affected the phytoplankton structure are: 1) wastewater inflow carrying nutrients and allochthonic phytoplankton, 2) abnormal high air temperature in summer season (26.1°C on average in July) of 2010.

---

**Keywords.** Graphical analysis, phytoplankton assemblages, taxonomic structure, wastewater treatment facilities.

## Введение

Проблема прогнозирования возможных негативных изменений в результате комплексного загрязнения речных вод является приоритетным направлением в области природопользования и охраны окружающей среды. Как в планетарном, так и в региональном масштабе, гидросфера является системой, которая мобильно реагирует на подобное воздействие. К наиболее чувствительным системам относятся все речные системы, в том числе используемые для водоснабжения, рекреации и сброса сточных вод городов.

В любой речной системе можно вычленить отдельные подсистемы, которые наиболее показательно регистрируют смену природных и антропогенных воздействий. В эту категорию, безусловно, входят фитопланктонные сообщества, поскольку они являются структурообразующей группой для большинства речных экосистем.

Река Москва является зарегулированным водоемом, который испытывает многокомпонентное антропогенное воздействие различного масштаба и генезиса (Государственный доклад, 2001, 2003). Вместе с тем, это источник водоснабжения (в верховьях) и объект активного рекреационного использования (вдоль всего русла). Река испытывает значительное воздействие биологически очищенных сточных вод. Наиболее крупные из них – Курьяновские очистные сооружения (КОС) в черте города и Люберецкие (ЛОС), расположенные ниже города. Сточные воды (КОС), поступающие в черте города, составляют в среднем 33% от общего расхода реки на выходе из города (Щеголькова, Венецианов, 2011).

Цель проведенных исследований: оценить степень информативности метода графического анализа при исследовании пространственно-временных трансформаций фитопланктонных комплексов в черте города и прилегающих территориях под воздействием природных и антропогенных факторов.

Для этого было необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать видовой состав и сезонную изменчивость фитопланктонных комплексов р. Москвы в районе мегаполиса.
2. Сопоставить полученные результаты с аналогичными данными по составу фитопланктонных комплексов формирующихся на выходе из КОС.
3. Адаптировать метод графического анализа, разработанный для диатомовых комплексов, для анализа таксономической структуры фитопланктонных комплексов в целом.

## Материалы и методы

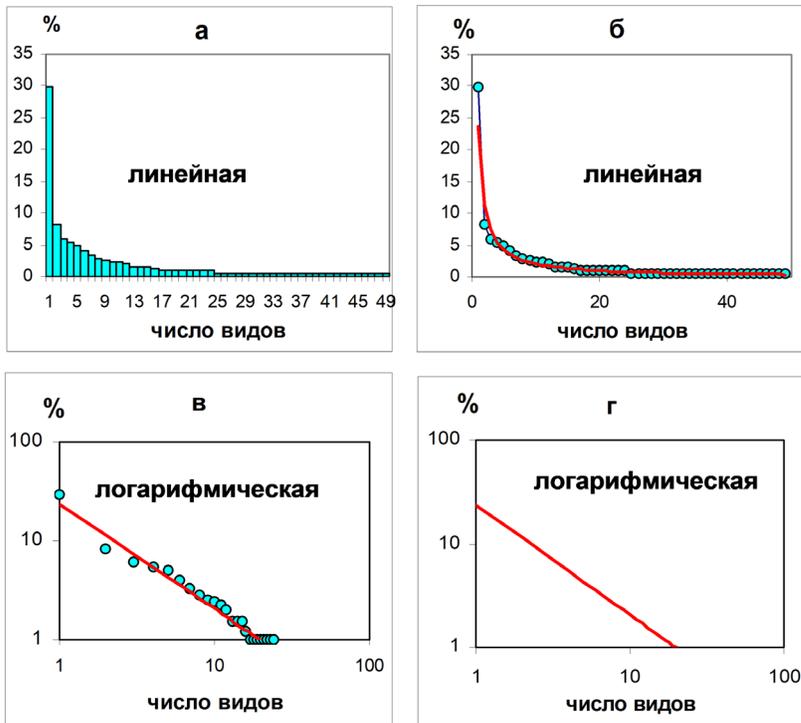
Структуру и объем первичного материала составили 355 интегральных проб, отобранных с 2006 по 2012 год с 6 створов Москвы-реки (рис. 1, табл. 1). Пробы отбирались ежемесячно в течение года (кроме Тушино, где пробы отбирались ежесезонно).

---



Отбор проб, подсчет и идентификация видового состава фитопланктона проводились по общепринятым методикам (Руководство ..., 1992).

Исследование трансформаций фитопланктонных комплексов проводилось методом графического анализа (МГА), который был ранее опробован на диатомовых комплексах из поверхностных осадков более 120 озер Европейской части России (Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2012; Разумовский, 2014). 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 (рис. 2 а, б).



**Рисунок 2.** МГА таксономической структуры диатомовых комплексов (по Разумовскому, 2012)

Анализ полученных графиков (гистограмм) проводился по упрощенной схеме: в линейной и логарифмической системе координат (рис. 2). В логарифмической системе координат анализируются не сами графики, а их тренды, представленные результирующими прямыми линиями (рис. 2 в, г).

В логарифмической системе координат результирующие линии строятся двумя способами: с учетом всего спектра таксонов (чтобы не потерять часть

информации) и только с учетом доминирующих и сопутствующих таксонов (рис. 3).

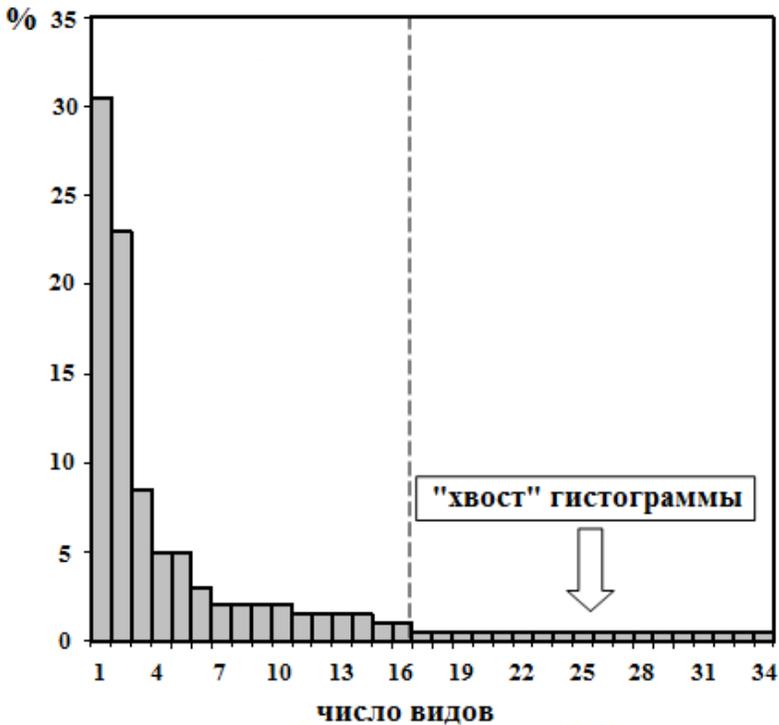


Рисунок 3. МГА с учетом и без учета редких таксонов (по Разумовскому, 2012)

В последнем случае 1/3 от общей относительной численности, т.е. «хвост» гистограммы, не учитывалась. В отличие от доминирующих и сопутствующих таксонов, представляющих собой некую устойчивую, экологически адаптированную совокупность, в хвостовой части гистограммы располагается «хаотизированная» часть комплекса. Это представители таксонов, присутствие или отсутствие которых имеет спорадический или случайный характер. Общая совокупность этих таксонов полностью попадает под определение «статистический шум».

Во всех случаях, в логарифмической системе координат для результирующих линий рассчитывался коэффициент детерминации ( $R^2$ ), позволяющий оценить статистическую достоверность проводимых графических построений. Достоверность оценивается по коэффициенту корреляции ( $r$ ).

Анализ всего массива данных, полученных в результате обработки фитопланктонных проб, вынудил пересмотреть классификационные определения «доминирующие таксоны» и «сопутствующие таксоны», сформулированные ранее для озерных диатомовых комплексов, применительно к фитопланктонным комплексам. К категории доминирующих таксонов были отнесены таксоны, достигающие не менее 10% относительной численности в комплексе (Кузьмин, 1975), а к категории сопутствующих таксонов были отнесены таксоны, достигающие не менее 5% относительной численности в комплексе.

Кроме того, при анализе первичного массива данных и построении графиков характеризующих таксономические пропорции в фитопланктонном комплексе был использован ряд методологических приёмов, позволивших наиболее объективно описать их пространственно-временные трансформации.

Обычно, подсчет процентных пропорций в микрофлористических комплексах из поверхностных осадков водоемов проводится в конце осени, после окончания сезона вегетационной активности, когда произошло отмирание клеток и их оседание на дно.

При анализе фитопланктонных комплексов реки была симитирована эта ситуация: все просмотренные фитопланктонные комплексы, развивавшиеся в водной среде с весны по осень в данном пункте наблюдения, были совместно проанализированы и абсолютная численность клеток всех идентифицированных таксонов просуммирована. Примененный метод анализа ранее успешно использовался для анализа диатомовых в слоях донных отложений озерных систем. Там единицей анализа служили слои за 1 год. Таким образом, суммирование за год для речных экосистем аналогично анализу слоя выпадения фитопланктонных организмов за 1 год.

В итоге для всех идентифицированных таксонов была рассчитана их относительная численность за весь сезон вегетационной активности в данном пункте за конкретный год. Полученные процентные пропорции послужили исходным информационным материалом для всех дальнейших графических построений. Проведенные расчеты позволили сопоставить таксономическую структуру фитопланктонных комплексов во времени и пространстве вне зависимости от сроков отбора фитопланктонных проб (которые могли не совпадать) и числа наблюдений в каждом пункте (если эти наблюдения проводились в течение всего периода вегетационной активности).

## Результаты

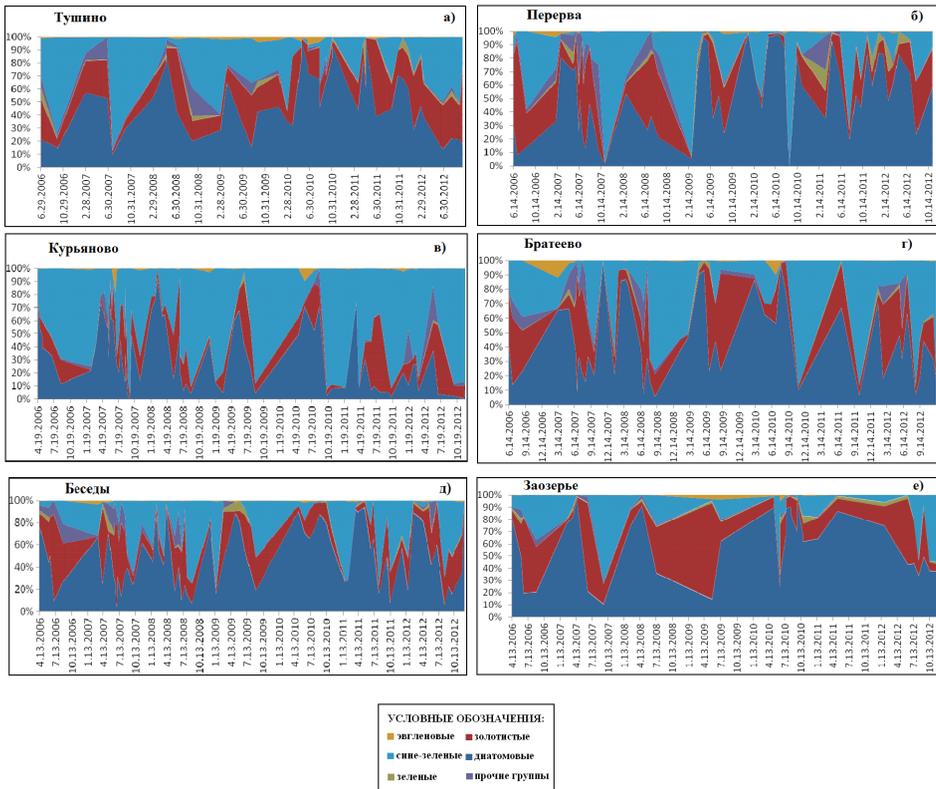
### *Структура фитопланктона по группам водорослей в разные периоды наблюдений*

*Тушино.* Анализ изменения относительной численности различных отделов в фитопланктонных комплексах позволяет выделить два пика доминирования диатомовых и зеленых водорослей, приходящихся на весну и осень (рис. 4а). В межлетний период (летом) преобладают синезеленые. Представители отдела золотистых и эвгленовых водорослей относятся к сопутствующей группе. За все время наблюдения было зафиксировано 20 таксонов, входивших в группу доминирующих: 12 таксонов диатомовых водорослей, 5 таксонов зеленых водорослей, 2 таксона синезеленых.

В группе сопутствующих отмечено 12 таксонов: диатомовые (6 таксонов), зеленые (4 таксона) и по одному таксону из представителей золотистых и эвгленовых водорослей.

Следует отметить, что в группе доминирующих видов диатомовые водоросли представлены наиболее разнообразно, и не все её представители относятся к истинно-планктонным формам.

---



**Рисунок 4.** Изменение относительной численности различных групп водорослей в фитопланктонных комплексах р. Москва в черте мегаполиса

**Перерва.** В сезонные пики повышения относительной численности представителей диатомовых водорослей отмечено заметное увеличение относительной численности зеленых водорослей, вплоть до их преобладания над диатомовыми водорослями (рис. 4б). Кроме того, факт доминирования зеленых водорослей отмечен и в межсезонный период, совместно с традиционным преобладанием синезеленых. Эвгленовые, золотистые и представители других отделов водорослей отмечены в значимых количествах, но не как основной компонент в структуре фитопланктона. При этом увеличение относительной численности золотистых водорослей обычно приурочено к доминированию диатомовых водорослей, а эвгленовых водорослей – к периодам доминирования представителей синезеленых.

Среди доминирующих таксонов низшего ранга из представителей диатомовых водорослей отмечено 14 таксонов, синезеленых водорослей – 5, зеленых водорослей – 9, золотистых водорослей – 1 таксон. Отмечено существенное увеличение таксономического разнообразия в доминирующей группе по сравнению с вышележащим участком реки (34 и 20 соответственно). Основное увеличение таксономического разнообразия произошло за счет представителей зеленых водорослей и синезеленых. В сопутствующей

группе отмечено 17 таксонов, из них: 6 таксонов диатомовых, 9 таксонов зеленых, 1 таксон золотистых водорослей. В сопутствующей группе увеличение таксономического разнообразия произошло, в основном, за счет представителей зеленых водорослей.

**Курьяновские очистные сооружения (КОС).** На протяжении всего времени наблюдения не отмечаются изменения в сезонном сценарии смены одной групп фитопланктона на другой. Наиболее отчетливо (по сравнению с другими станциями наблюдения) выражены весенние и осенние пики численности диатомовых водорослей, сопровождающиеся одновременным увеличением численности представителей зеленых водорослей (рис. 4в). Начиная с 2011 года, наблюдается преобладание последних над представителями диатомовых водорослей. Доминирование зеленых водорослей отмечено в межлетний период, совместно с традиционным присутствием эвгленовых водорослей. Золотистые водоросли не отмечены в значимых количествах.

За все время наблюдения на этом створе было зафиксировано наибольшее таксономическое разнообразие: 50 таксонов в доминирующей группе и 19 таксонов в сопутствующей группе. В составе доминирующей группы отмечено: 15 таксонов диатомовых водорослей, 14 таксонов зеленых водорослей, 14 таксонов синезеленых, один таксон эвгленовых водорослей. В группе сопутствующих отмечено 19 таксонов: диатомовые (9 таксонов), зеленые (8 таксонов) и по одному таксону из представителей золотистых водорослей и синезеленых.

**Братеево.** Помимо весеннего пика численности диатомовых и зеленых водорослей, для осеннего пика отмечены две выраженные фазы повышения относительной численности в этих группах фитопланктона (рис. 4г). В межлетний период 2006 и 2010 года отмечено существенное увеличение относительной численности эвгленовых водорослей, развивавшихся совместно с представителями синезеленых, которые в этот временной промежуток доминировали.

В фитопланктоне идентифицировано 33 доминирующих низших таксона, из них: 12 таксонов диатомовых водорослей, 11 таксонов зеленых водорослей и 6 таксонов синезеленых. Идентифицировано 16 сопутствующих таксонов: диатомовые (7), зеленые (7), и по одному таксону из группы эвгленовых водорослей и синезеленых. Ни один из представителей золотистых водорослей не достигает значимой численности.

**Беседы.** Помимо весеннего и осеннего пика численности диатомовых и зеленых водорослей, отмечены также выраженные фазы доминирования представителей упомянутых отделов в межлетний период (рис. 4д). Совместно с диатомовыми и синезелеными отмечено заметное присутствие представителей отдела золотистых водорослей. Доминирование представителей зеленых водорослей менее выражено, чем на вышерасположенных станциях. Совместно с зелеными водорослями в фитопланктонных комплексах присутствуют эвгленовые водоросли.

По сравнению с вышерасположенным участком в этом створе отмечено заметное увеличение таксономического разнообразия в группе доминирующих

---

(39) и, особенно, сопутствующих (25) таксонов. В доминирующей группе это происходит за счет представителей диатомовых водорослей, а в сопутствующей группе – за счет представителей зеленых водорослей и синезеленых. В доминирующую группу входят: 19 таксонов диатомовых водорослей, 11 таксонов зеленых водорослей, 5 таксонов синезеленых, а также представители других отделов одноклеточных водорослей (4 таксона) и жгутиковые.

В группе сопутствующих таксонов идентифицировано: диатомовых – 9 таксонов, зеленые – 11 таксонов, синезеленых – 3 таксона и один таксон золотистых водорослей.

**Заозерье.** Помимо выраженной сезонной численности характерно доминирование представителей зеленых водорослей совместно с синезелеными (рис. 4е).

К этапам доминирования диатомовых водорослей приурочено значимое присутствие золотистых водорослей. Для относительной численности представителей эвгленовых водорослей характерно отсутствие выраженной сезонной изменчивости.

За все время наблюдения в доминирующей группе было зафиксировано сокращение таксономического разнообразия по сравнению с вышерасположенным участком реки (25): 16 таксонов диатомовых водорослей, 5 таксонов зеленых водорослей и 4 таксона представителей синезеленых. Сокращение численности доминирующих таксонов произошло за счет представителей зеленых и диатомовых водорослей, а также из-за отсутствия в комплексе доминирующих видов представителей прочих отделов одноклеточных водорослей и жгутиковых.

В группе сопутствующих отмечено 20 низших таксонов: диатомовые (4 таксона), зеленые (13 таксонов), синезеленые (2 таксона) и один таксон из группы золотистых водорослей.

### ***Таксономическая структура фитопланктонных комплексов***

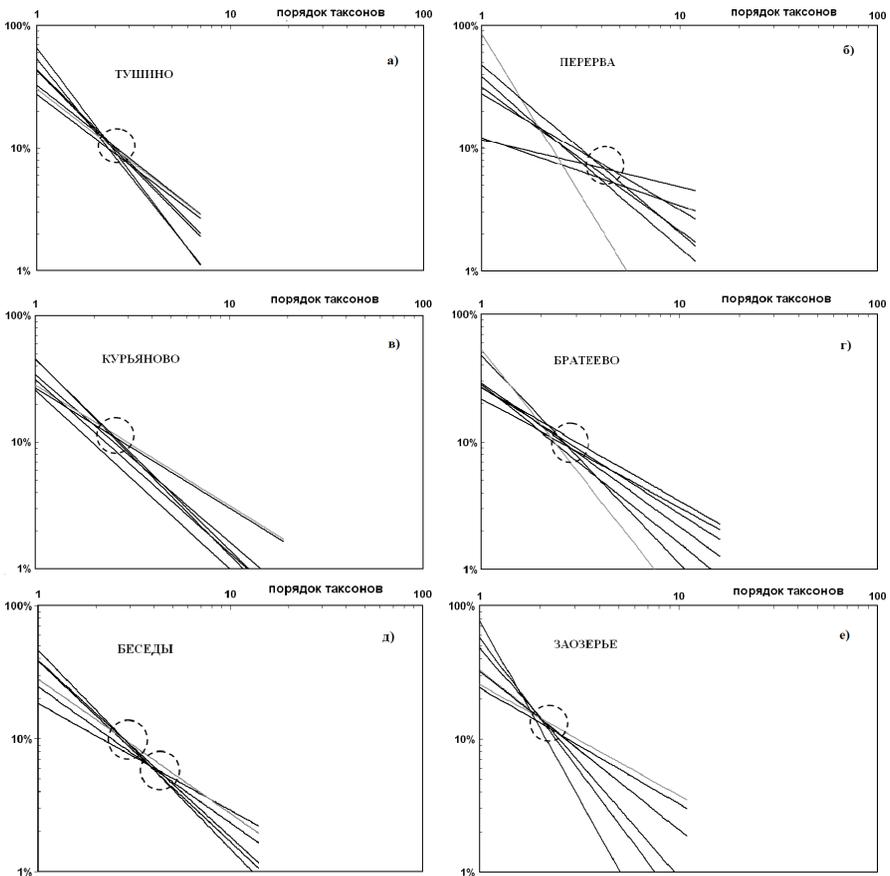
Графический анализ таксономической структуры фитопланктонных комплексов проводился в логарифмической системе координат. Следует отметить, что за время наблюдения (2006 – 2012 гг.) было идентифицировано более 900 низших таксонов.

При анализе всего спектра таксонов часть информации было невозможно выявить. Это определялось присутствием в фитопланктоне большого количества таксонов с оценкой «редко», которые подпадали под понятие «статистический шум» (рис. 3).

Анализ группы доминирующих и сопутствующих таксонов оказался более информативным. Он позволил установить картину трансформации фитопланктонных комплексов вдоль русла реки Москвы в пунктах наблюдения.

В пункте наблюдения Тушино была выявлена единая область локализации полученных результирующих линий (рис. 5а). Можно с достаточной степенью уверенности предположить, что в районе Тушино уже произошло формирование единого фитопланктонного комплекса.

Далее, в районе пункта наблюдения Перерва фитопланктонные сообщества испытывают выраженное влияние загрязненных диффузионных стоков, поэтому полученные результирующие линии не образуют выраженной генерации: имеется только некая, весьма «размытая» область локализации (рис. 5б). Следует отметить, что данная область локализации расположена «ниже» значения 10% по оси у. Это свидетельствует об отсутствии в этой части речного русла сформировавшейся и устойчивой группировки доминирующих таксонов. Кроме того, результирующая линия, построенная для 2010 г., когда были отмечены аномально-высокие летние температуры, не включена в единую генерацию результирующих линий. Линия располагается ниже области локализации, что указывает на хаотизацию и разрушение таксономической структуры фитопланктонных комплексов в сезон 2010 г.



**Рисунок 5.** Трансформация таксономической структуры фитопланктонных комплексов р. Москвы (2006-2012 гг.) в логарифмической системе координат  
Серым цветом выделены результирующие линии, построенные для 2010 г.

В районе поступления сточных вод из КОС единый центр локализации также нарушен. Только часть построенных результирующих линий образуют единый центр локализации (2008-2010 гг., 2012 г). Результирующие линии, построенные для сезонов 2006 г., 2007 г. и 2011 г. образуют вторую генера-

цию (рис. 5в). В этой генерации линии расположены параллельно. Это объясняется тем, что в р-не КОС фитопланктон непрерывно получает питательный субстрат из поступающих стоков.

Следует также отметить, что результирующая линия, построенная для сезона 2010 г. включена в генерацию линий с единым центром локализации. Несмотря на аномально-высокие температуры, процесс хаотизации в их таксономической структуре не наблюдался. Следовательно, воздействие очищенных вод благотворно повлияли на фитопланктонные сообщества. Это естественно, так как температурный режим КОС в 2010 году г. не был столь аномальным для этого сообщества, которое каждое лето функционирует при температуре около 25°C, в 2010 г. температура была выше, лишь на 2-3°C. В то же время для речного сообщества разница по отношению к средним значениям составляла около 10°C.

В районе Братеево наблюдается несколько разнонаправленных процессов. С одной стороны, происходит восстановление единой генерации результирующих линий. Зона локализации результирующих линий по-прежнему имеет достаточно «размытые» границы. С другой стороны, наблюдается смещение зоны локализации по оси  $x$  влево (рис. 5г). Это свидетельствует об уменьшении числа доминирующих видов, которые формируют целостность таксономической структуры фитопланктона.

В районе пункта Беседы для полученной генерации результирующих линий выявлено два центра локализации (рис. 5д). Один из них расположен выше значений 10%, а другой в области значений 5%. Это свидетельствует о том, что помимо группы доминирующих видов в фитопланктоне начала формироваться устойчивая группа сопутствующих видов.

В районе Заозерья генерация результирующих линий приобретает упорядоченный характер с единой областью локализации (рис. 5е). Область локализации лежит по оси  $y$  выше значения 10%: фитопланктонное сообщество сформировалось, и его трансформация и целостность определяется, в первую очередь, устойчивой группировкой доминирующих видов.

Общий сценарий пространственно-временной трансформации фитопланктонного сообщества в черте мегаполиса можно описать следующим образом: в районе Тушино сформировавшееся фитопланктонное сообщество имеет достаточно устойчивые параметры. В дальнейшем, под воздействием загрязненных диффузионных стоков в районе Перервы, фитопланктонное сообщество подвергается существенной деструктуризации. Его целостность частично восстанавливается после поступления очищенных вод из КОС. Здесь в районе выпуска сточных вод наблюдается самое высокое разнообразие фитопланктонного сообщества. Однако, следует отметить, что фитопланктонные комплексы КОС сами не обладают единой целостной структурой, так как функционируют в «искусственных условиях» повышенной температуры и избытка питательных элементов. Поэтому их воздействие имеет двойственный характер: они обогащают речное сообщество новыми видами, но поступивший фитопланктон не адаптирован к речным условиям. Далее, в результате поэтапного формирования доминирующей и

сопутствующей группы видов на участке Братеево – Беседы – Заозерье происходит сокращение видового разнообразия и стабилизация фитопланктонового сообщества.

## Дискуссия

Общеизвестно, что негативное воздействие загрязненных вод сказывается на уровне биоразнообразия, в том числе и фитопланктонных сообществ. Принято считать, что любой процесс понижения этого показателя является признаком ухудшения экологической обстановки в водоеме. Основная цель данной работы продемонстрировать, что подобная «механистическая» интерпретация биоразнообразия фитопланктонных сообществ ошибочна, и оценка данного признака может быть правильно интерпретирована только с учетом всех причинно-следственных связей, характеризующих формирование состава речных вод.

Рядом исследователей было показано, что для рек характерна горизонтальная континуальная зональность организации их экосистем (Vannote et al., 1980; Алимов, 2001). В естественных речных экосистемах наблюдаются более или менее плавные изменения их структурно-функциональной организации от истоков к устью, которые определяются градиентами физических и биологических факторов: снижением скорости течения воды, увеличением доли автохтонных и снижением поступления аллохтонных органических веществ, уменьшением доли крупных и увеличением доли мелких фракций органического вещества. Концепция речного континуума (КРК) основана на теории энергетического равновесия и предлагает продольное речное зонирование с использованием отношений продукции организмов разных трофических групп (Vannote et al., 1980). Для зарегулированных рек, в которых велика роль сточных вод, нет единой теории об изменении структурно-функциональной организации рек под действием этого фактора.

Полученные результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

В черте города антропогенное воздействие существенно преобладает над естественными процессами трансформации структуры речных фитопланктонных сообществ.

Нарушение таксономической структуры фитопланктонных сообществ в равной степени выражено как при негативном воздействии со стороны загрязненных диффузионных стоков, так и при воздействии со стороны биологически очищенных вод, поступающих в р. Москву.

В последнем случае происходит смещение фитопланктонных сообществ, которые сформируются на очистном сооружении и фитопланктона природных речных сообществ, что приводит к избыточному видовому разнообразию и дестабилизации таксономической структуры.

В дальнейшем происходит естественное уменьшение таксономического разнообразия за счет доминирования видов наиболее адаптированных к гидрологическим условиям в черте мегаполиса, что выражается в процессах

---

естественной трансформации структуры фитопланктонных сообществ в сторону стабилизации.

Из природных процессов выраженное воздействие (негативного характера) было установлено только для аномально высоких летних температур в 2010 г.

МГА применим при анализе таксономического состава речного фитопланктона, и позволяет получить значимую информацию о происходящих в фитопланктонных сообществах изменениях во времени и пространстве.

### Список литературы

Алимов А.Ф. 2001. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб., Наука, 147 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Московской области в 2000 году». 2001. – М., НИА-Природа, 114 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Московской области в 2002 году». 2003. – М., НИА-Природа, 314 с.

Кузьмин Г.В. 1975. Фитопланктон. – В кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М., Наука, с. 73-90.

Разумовский Л.В., Моисеенко Т.И. 2009. Оценка пространственно-временных трансформаций озерных экосистем методом диатомового анализа. – Доклады РАН, т. 429, №2, с. 274-277.

Разумовский Л.В. 2012. Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа. – М., ГЕОС, 199 с.

Разумовский В.Л. 2014. Оценка экологического состояния высокогорных озер Приэльбрусья по результатам диатомового анализа. – Водные ресурсы, т. 41, № 2, с. 200-205.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992. /Под ред. д-ра биол. наук В.А. Абакумова. – СПб., Гидрометеиздат, 320 с.

Щеголькова Н.М., Венецианов Е.В. 2011. Охрана загрязненной реки: интенсификация самоочищения и оптимизация водоотведения. – М., РАСХН, 388 с.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. The river continuum concept. – Can. J. Fish. Aquat. Sci., vol. 37, No 1, pp. 130-137.

### References

Alimov A.F. 2001. *Elementy teorii funktsionirovaniya vodnykh ekosistem* [Elements of the theory of functioning of aquatic ecosystems]. St. Petersburg, Nauka Pnbl., p. 147. (In Russian)

*Gosudarstvennyi doklad "O sostyanii okruzhayuschei prirodnoi sredy Moskovskoi oblasti v 2000 godu"* [State report «Environmental conditions in Moscow region in 2000»]. 2001. Moscow, NIA-Priroda Publ., p. 114. (In Russian)

*Gosudarstvennyi doklad "O sostyanii okruzhayuschei prirodnoi sredy Moskovskoi oblasti v 2002 godu"* [State report «Environmental conditions in Moscow region in 2002»]. 2003. Moscow, NIA-Priroda Publ., p. 314. (In Russian)

Kuzmin G.V. 1975. *Fitoplankton. V kn.: Metodika izucheniia biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* [Studying methods of inland waters biogeocenoses]. – Mjscow, Nauka Publ., pp. 73-90. (In Russian)

Razumovsky L.V., Moiseenko T.I. 2009. Otsenka prostranstvenno-vremennykh transformatsii ozernykh ekosistem metodom diatomovogo analiza [Assessment of spatial-temporal transformations in lake ecosystems by diatom analysis]. *Doklady RAN – Doklady RAS*, vol. 429, no. 2, pp. 274-277. (In Russian)

Razumovsky L.V. 2012. *Otsenka transformatsii ozernykh ekosistem metodom diatomovogo analiza* [Assessment of Lake Ecosystem transformation by using method of diatom analysis]. – Moscow, GEOS Publ., p. 199. (In Russian)

Razumovskii V.L. 2014. Otsenka ekologicheskogo sostoianiia vysokogornykh ozer Priel'brus'ia po rezul'tatam diatomovogo analiza [Assessing the Environmental Conditions of High-Mountain Lakes in Elbrus Area by the Results of Diatom Analysis]. *Vodnye resursy – Water Resources*, vol. 41, no 2, pp. 196-201. (In Russian)

*Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ecosystem / Pod red. d-ra biol. Nauk V.A. Abakumova.* [Guide in hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems/ by ed.V.A. Abakumov]. 1992. St. Peterburg, Gidrometeoizdat Publ., p. 320. (In Russian)

Schegolkova N.M., Venecianov E.V. *Okhrana zagryaznennoi reki: intensifikatsiya samoochischeniya i optimizatsiya vodo otvedeniya* [Conservation of polluted river: self-purification identification and drainage system optimization]. 2011. Moscow, RASHN Publ., p. 388. (In Russian)

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. The river continuum concept. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 37, No. 1, pp. 130-137.