

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

## **БИОИНДИКАЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Учебно-методическое пособие для вузов

Составитель Г.А. Анциферова

Воронеж  
Издательский дом ВГУ  
2014

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ» .....	5
2. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖЛЕДНИКОВЫХ ВОДОЕМОВ .....	10
<i>Задача 1.</i> Ознакомление с обликом остатков диатомовых водорослей, приемами их видового определения и представление полученных данных (на примере диатомовых водорослей межледниковых водоемов) .....	10
<i>Задача 2.</i> Отработка приемов работы с диатомовыми диаграммами.....	12
<i>Задача 3.</i> Реконструкция этапов и фаз эволюции водоема и развитие растительности на водосборах .....	13
3. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВОДОЕМОВ .....	13
<i>Задача 4.</i> Ознакомление с обликом низших водорослей, приемами их видового определения и представление полученных данных (на примере диатомовых водорослей современных водоемов) .....	16
<i>Задача 5.</i> Определение класса и разряда качества вод по сообществам низших водорослей .....	18
<i>Задача 6.</i> Определение состояния процессов самоочищения водной среды .....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	24
ЛИТЕРАТУРА .....	25
ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	27
ПРИЛОЖЕНИЯ	
П р и л о ж е н и е I. Диатомовая диаграмма разреза мучкапских межледниковых отложений, вскрытых скважиной 105 у д. Польное Лапино Тамбовской области .....	29
П р и л о ж е н и е II. Описание разреза древнеозерных отложений (на примере разреза скважины 105 у д. Польное Лапино) .....	31
П р и л о ж е н и е III. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза скважины 105 у д. Польное Лапино Тамбовской области .....	32
П р и л о ж е н и е IV. Заключение по разрезу древнеозерных отложений (на примере разреза скважины 105 у д. Польное Лапино) .....	33
П р и л о ж е н и е V. Список низших микроскопических водорослей, используемых в качестве сапробных организмов для оценки эколого-биологического качества поверхностных вод .....	40
П р и л о ж е н и е VI. Система оценки качества вод .....	55
График эколого-биологического качества вод р. Ворона.....	57

3) возможностью проведения количественной и качественной оценок степени нарушенности природной системы динамичных биологических связей в водоемах и обратимости↔необратимости происходящих в них изменений.

Среди гидробионтов биоиндикаторов широко используются водоросли, и в первую очередь низшие микроскопические водоросли, поскольку они присутствуют практически во всех водах и в системе трофических сетей входят в состав первичных продуцентов. В общем составе сообществ низших микроскопических повсеместно доминируют диатомовые и синезеленые водоросли.

Биоиндикация по низшим микроскопическим водорослям основана на анализе таксономического состава и структуры их сообществ, на наличии и численности определенных показательных видов индикаторов.

Видовой и экологический состав сообществ низших водорослей обусловлен глубиной и морфологией водоема, степенью минерализации и режимом трофности вод, их прозрачностью, показателями рН и температурным режимом. Для каждого водоема характерны изменения физико-химических характеристик водной среды, происходящие как в течение отдельного вегетационного сезона, так и многих лет, веков (и тысячелетий) времени его существования. Это сопровождается закономерными сменами состава сообществ, соответствующими происходящим изменениям.

Отдельные представители низших водорослей существуют одиночно или образуют колонии: нитевидные, звездчатые, лентовидные, кустиковидные, бесформенные. В виде одиночных форм или плоских колоний они парят в толще воды, т.е. в пелагиали, во взвешенном состоянии, составляя планктонные сообщества (фитопланктон). Сообщества обрастаний и донные рассматриваются как бентос (микрофитобентос). К группе фитобентоса относятся формы, прикрепленные ко дну, свободно лежащие на дне и (или) передвигающиеся по дну, или в виде налетов, дерновин, рыхлых или слизистых пленок и сгустков они в качестве обрастаний покрывают стебли высшей водной растительности, предметы, погруженные в воду, или дно водоема, поселяясь в наилке. Для прикрепленных организмов часто употребляется термин «перифитон».

Обычно для диатомовых водорослей в составе группировок по местообитанию выделяются виды донные, по их видовому разнообразию и оценкам обилия делаются выводы о степени прозрачности вод; обилие видов обрастателей позволяет судить о распространенности высшей водной растительности и зон мелководий. Содержание планктонных форм, а также общее соотношение групп диатомей по местообитанию свидетельствуют о глубинах водоема, об их изменениях во времени.

Диатомовые водоросли имеют кремневые створки и панцири, которые великолепно сохраняются в ископаемом состоянии. При изучении разрезов древнеозерных отложений с помощью специальной технической обработки они извлекаются и используются для проведения диатомового анализа. Это

позволяет проводить биоиндикацию вод межледниковых озер по диатомовым водорослям. В результате восстанавливаются палеоэкологические условия озерного осадконакопления. Совместное использование диатомовых и спорово-пыльцевых материалов широко используется как основа палеоклиматических реконструкций. Они позволяют в полной мере выявлять связи между развитием водных экосистем и климато-ландшафтными перестройками, происходящими на водосборах.

Глубина водоемов является одним из ведущих абиотических факторов. О.Ф. Якушко создана классификация современных озер средних широт умеренного географического пояса (Якушко, 1971). В соответствии с ней глубокими считаются озера с максимальными глубинами более 25 м, среднеглубокими – 15–25 м, неглубокими – 5–15 м и мелководными – озера с максимальными глубинами до 5 м. Данная классификация применима как для современных, так и для межледниковых озер.

Биоиндикация по диатомовым водорослям позволяет оценивать определенные параметры состояния вод как межледниковых, так и современных водоемов (Анциферова, 2005; Давыдова, 1985).

Анализ видового состава сообществ и показатели обилия диатомовых водорослей позволяют восстанавливать основные экологические параметры вод.

*Галобность* – отношение диатомей к минерализации вод. Среди олигогалобов (пресноводных) выделяются виды индифференты, предпочитающие минерализацию 0,2–0,3‰; галофилы, виды, живущие в пресной воде, но на которые повышение минерализации до 0,4–0,5‰ оказывает стимулирующее действие; галофобы, для которых оптимальной является минерализация 0,02‰; виды мезогалобов (солонатоводные), предпочитают минерализацию 0,5‰ и более.

*Ацидофильность* – состояние к активной реакции водной среды (рН): выделяются виды индифференты, развивающиеся при кислой и щелочной реакции воды; виды алкалофилы – рН равно 7, с оптимумом распространения при рН более 7; виды алкалобионты предпочитают рН более 7 и виды ацидофилы – рН менее 7.

По показателю *географического распространения* выделяются виды космополиты, обитающие в пресных водоемах всех географических поясов, бореальные – виды водоемов умеренного географического пояса, холодноводные (североальпийские) – виды, характерные для северных и горных водоемов и/или связанные с выходами родниковых вод.

*Температура вод и их прозрачность* регулируют питание, фотосинтез, рост (деление) диатомей. Для роста диатомей благоприятны температуры в диапазоне 1–30 °С. Для теплолюбивых видов диатомей оптимальными являются температуры от 20 до 28 °С, для холодноводных – от 4–10 до 15 °С. При температурах вод выше 37 °С и ниже 1 °С у диатомей фотосинтез не происходит (за исключением достаточно редких видов диатомей, обитающих в термальных источниках или наблюдаемых на внутренней поверхности ледяного покрова водоема).

Общая закономерность развития вегетационной сукцессии фитопланктона заключается в том, что весной по мере прогревания вод до 4–10 °С начинают развиваться диатомовые водоросли. При температурах вод от 23–25 °С и более, т. е. в середине лета (июль – первая половина августа), обычно начинают доминировать синезеленые водоросли. В дальнейшем по мере остывания вод (середина августа) вновь широкое распространение получают диатомеи. Температурный режим водоемов средних широт умеренного географического пояса меняется в течение вегетационного сезона таким образом, что определяет два максимума развития диатомей: весенний (в конце мая – июне) и осенний (в середине августа – сентябре).

Все вышеперечисленные факторы, такие как климат, морфометрия и морфология водоемов и водотоков, прозрачность вод, их температура, гидрохимические показатели и другие, представляют абиотические факторы внешней среды.

Биотические факторы определяют взаимовлияния жизнедеятельности одних организмов на другие. В водной среде в данном случае, когда рассматривается развитие фитопланктона, они выступают как регуляторы взаимоотношений между различными группами низших водорослей, а также между низшими водорослями и высшей водной растительностью в пределах отдельного биоценоза (сообщества) и биогеоценоза (единство организмов с окружающей их средой), в качестве которого выступает водная экосистема в целом (Садчиков, Кудряшов, 2004; Сукачев, 1960). Они определяются наличием в водах биогенных веществ. Это разнообразные химические элементы и их соединения: фосфор, азот, кремний, сера, кальций, магний, калий, железо, марганец и др. Содержание данных веществ определяет эколого-биологическое качество вод, а также биологическую продуктивность водоемов в целом, в том числе и низших водорослей.

В начале XX века была разработана классификация трофности озер, согласно которой они относятся к *олиготрофному*, *мезотрофному* и *эвтрофному* типам, что определяется обеспеченностью биогенными веществами соответственно от низкого до более высокого уровня их содержания. Данная классификация в полной мере подтверждается исследованиями межледниковых озер (Анциферова, 2001).

Сложный процесс смены режима трофности озерного водоема определяется переходом экосистемы водоема из одного равновесного состояния в другое. То есть смена олиготрофных условий развития водоема мезотрофными и затем эвтрофными или эвтрофно-дистрофными (дистрофными) происходит вследствие внутреннего развития экосистемы и ее взаимодействия с окружающей природной средой. В соответствии с изменяющимися абиотическими и биотическими условиями в водоеме происходит смена видового состава сообществ низших водорослей.

Общепринято считать, что *олиготрофные* водоемы содержат небольшое количество биогенных веществ, за исключением кальция, количество которо-