

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ПРИМЕРЕ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ РОДА
CHAETOCEROS Ehr. (Bacillariophyta)**

Е.Ю. Георгиева, С.Г. Лелеков

Институт биологии южных морей
НАН Украины
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: e-georgieva@rambler.ru

В статье рассматриваются вопросы использования информационных технологий для разработки компьютерных определителей гидробиологических объектов. Такой подход позволяет, с одной стороны, проводить работы по сохранению накопленных знаний, а с другой интенсифицировать экспериментальную работу. Изложение ведется на примере микроводорослей рода Chaetoceros Ehr. (Bacillariophyta).

Введение. Проведение гидробиологических исследований связано с визуальным изучением тех или иных объектов в пробах, их определением и классификацией, снятием разных метрических характеристик. Большая часть объектов имеет субмиллиметровые размеры, сложную для визуального изучения текстуру, поврежденные части тела. Поэтому определение видов требует затраты значительного времени и высокой квалификации исполнителей. Растущие экологические проблемы, необходимость использования биологической индикации в мониторинге окружающей среды, эксплуатация биологических ресурсов для нужд экономики требуют значительной интенсификации подобных исследований [1].

Именно поэтому в биологии высоко ценятся специалисты, умеющие грамотно и быстро решать задачу определения видовой принадлежности объекта. Подготовка таких специалистов требует не только изучения соответствующих университетских или институтских курсов, но и последующей длительной стажировки по узко определенной тематике.

Появление и развитие информационных технологий привело к разработке новых подходов к решению задачи идентификации, и, как следствие, изменению методик обучения. При этом исходят из того, что в

каждой предметной области есть опытные специалисты (эксперты), чьи знания могут быть специальным образом структурированы и представлены в виде компьютерных баз знаний [1]. Имея такую базу знаний, любой пользователь получает доступ к знаниям эксперта и, следовательно, может квалифицированно решать задачу идентификации.

Описание системы. Для представления знаний экспертов в настоящее время используются различные компьютерные программные системы – оболочки. В отделе биофизической экологии ИнБИОМ создана программная система TAXEX [1]. При ее создании были использованы новые данные и результаты, полученные в систематике, теории распознавания образов, теории экспертных систем, психологии.

Программная система TAXEX состоит из оболочки и базы данных. Оболочка включает в себя: подсистему логического вывода, подсистему поддержки диалога, подсистему обучения, подсистему объяснений. Функционирование оболочки не зависит от предметной области. Специализацию системы задает помещаемая в базу данных информация, получаемая путем тщательной переработки и структурирования знаний о предметной области.

Алгоритм функционирования TAXEX сводится к организации интерактивного процесса последовательного предъявления пользователю вопросов о значении признаков определяемого объекта [1]. При этом база знаний системы насыщается как можно большим количеством определительных признаков (всех, какие только известны эксперту, и которые он использует для идентификации объекта в той или иной ситуации!). Такой подход позволяет существенно повысить качество идентификации, особенно в тех случаях, когда выявить ключевой признак затруднительно. Высокая вероятность правильного определения остается и в случаях, если пользователь отказался от ответа на вопрос о значении определительного признака или дал его неверное значение. В результате "заполнения" системы знаниями создается компьютерный определитель.

На основе программной системы TAXEX создан компьютерный определитель рода Chaetoceros Ehr. (Bacillariophyta) Черного моря [2].

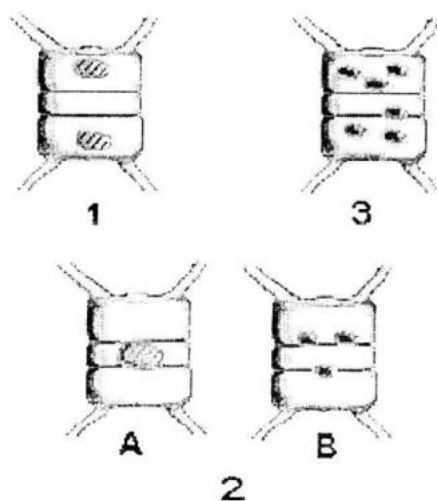
Компьютерный определитель состоит из: атласа, определителя, набора справочников, тренинговой подсистемы.

Определитель базируется на таблице 30 признаков для 40 видов и 8 подвидов [3]. Помимо ключевых признаков, в таблицу включены также дополнительные, что позволяет повысить надежность определения. Строкой таблицы является информация об одном виде или подвиде. Ввиду громоздко-

сти определительной таблицы (48 строк, 30 признаков), в таблице 1 приведен лишь ее фрагмент. Например, если возьмем в таблице строку 5 столбец Р6, то на пересечении их имеем значение 2. Это означает, что у вида *Chaetoceros gracilis* признак Р6 из трех возможных значений принимает значение второе, то есть «хроматофор прилегает к пояску клетки». Полностью описание этого признака представлено на рисунке 1.

Таблица 1 – Фрагмент таблицы признаков рода *Chaetoceros* Черного моря

№	Название вида	Признак №1	Признак №2	Признак №3	Признак №4	Признак №5	Признак №6	...
4	<i>Chaetoceros ceratosporum</i>	2	1,2	0	0	1	2	
5	<i>Chaetoceros gracilis</i>	2	1	0	0	1	2	
6	<i>Chaetoceros septentrionalis</i>	2	1	0	0	1	1,2	
7	<i>Chaetoceros Borgei</i>	2	1	0	0	1	2	
8	<i>Chaetoceros heterovalvatus</i>	2	1	0	0	2	2	
...								



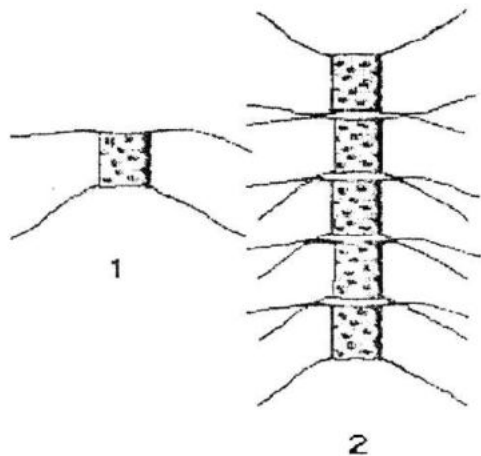
Обратите внимание на местоположение хроматофоров в клетке:
 1 – хроматофоры прилегают к створкам клетки,
 2 – хроматофоры прилегают к пояску клетки,
 3 – хаотичное расположение хроматофоров.

Рисунок 1 – Изображение на мониторе компьютера признака Р6

Каждый вопрос о значении того или иного признака сопровождается рисунком. На рисунке 2 показан процесс определения объекта. Для того, чтобы определить нахо-

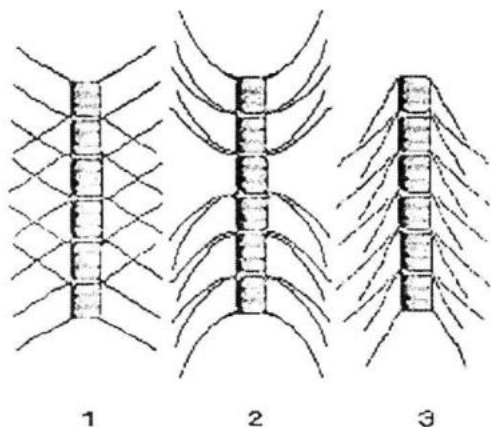
дящийся перед нами объект, надо войти в определитель. Система задает вопрос: на экране появляется сам непосредственно вопрос и к нему иллюстративный материал.

Причем иллюстративная часть настолько информативна, что можно выбрать ответ, даже не читая вопрос, а лишь, сравнив исследуемый объект с изображением на экране, выбрать рисунок, соответствующий (части или всему) объекту. В зависимости



Вопрос 1. Определяемый Вами объект представляет собой:

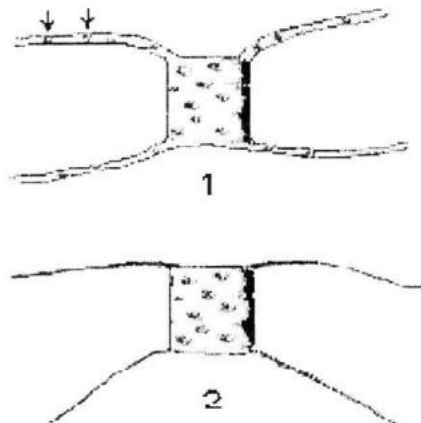
- 1 – одиночную клетку;
- 2 – последовательность клеток, соединенных в цепочку.



Вопрос 2. Определите направление щетинок цепочки:

- 1 – щетинки расходятся под острым углом друг к другу, образуя две системы параллельных линий;
- 2 – щетинки дугообразно изгибаются, располагаясь почти перпендикулярно к центральной оси клетки;
- 3 – все щетинки направлены к концу цепочки, заканчивающейся вогнутой створкой

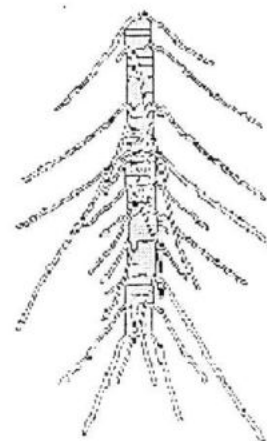
от номера ответа система задает следующий вопрос. Этот процесс продолжается до тех пор, пока в системе не сформируется окончательное решение о таксономической принадлежности исследуемого объекта.



Вопрос 3. Посмотрите на щетинки клетки, они могут быть:

- 1 – толстыми и полыми, с хроматофорами внутри;
- 2 – тонкими, неполыми, без хроматофор.

Аналогично задается еще несколько вопросов и система выдает следующий ответ:



Chaetoceros convolutes – Castracane (1866) – Хетоцерос завитой.

Syn: *Chaetoceros criophilus* Cleve (1897)

Рисунок 2 – Определение объекта

Если пользователь не может ответить на вопрос, ввиду повреждения объекта, или других причин, система продолжает задавать вопросы, что удлинит процесс определения, но сохранит вероятность правильной идентификации. В случае сомнений пользователя в правильности определения, он может его продолжить.

В процессе работы с определителем пользователь может:

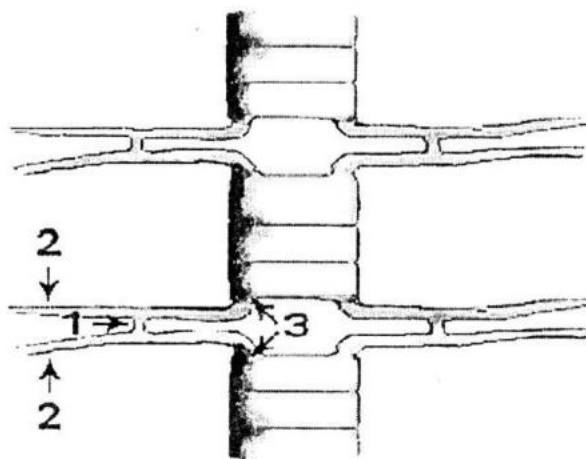
- обратиться к встроенному в систему справочнику;
- получить информацию о текущей гипотезе системы об объекте;
- просмотреть свои предыдущие ответы и, в случае необходимости, вернуться назад;
- запросить помощь.

Определитель дает возможность работы с «зашумленными» объектами, т.е. объектами с повреждениями. Кроме ключевых признаков в системе приводятся дополнительные, что и позволяет с большей вероятностью идентифицировать поврежденные объекты. В основе определителя лежит таблица признаков, в которой для каждого таксона проставлено соответствующее значение для всех, даже незначительных для них признаков.

Кроме базы знаний с признаками система содержит справочники по разным направлениям исследования водорослей рода *Chaetoceros* Ehr. (морфология, биология, систематика, библиография и др.), а также глоссарий терминов [2]. На рисунках 3 – 5 представлены примеры справочников.

Тренинговая часть системы предназначена для проверки знаний пользователя и приобретенных им навыков в определении таксонов. Преподаватель, либо сам пользователь, в данном случае молодой специалист, задает название объекта, выбрав его в списке таксонов. Теперь система будет задавать вопросы, значимые для данного объекта. Если пользователь в своем ответе ошибся, тут же на мониторе появляется информация об ошибках и правильный ответ для объекта. В конце опроса пользователь может просмотреть историю своих ответов, а также и количество верных и ошибочных ответов и таким образом оценить свои знания.

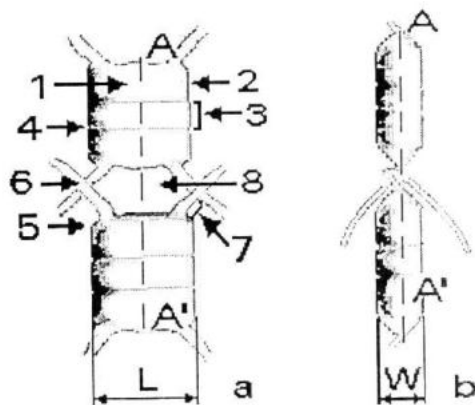
Все это позволяет использовать систему в учебном процессе при подготовке молодых специалистов и делает возможным самостоятельное и увлекательное изучение ими данной таксономической группы [1].



АНАСТОМОЗА (1) – короткая перемычка, соединяющая смежные щетинки(2) на некотором расстоянии от их оснований(3).

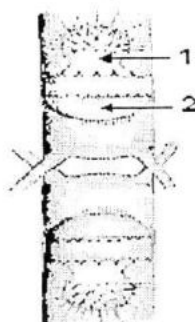
Характерна для вида *Chaetoceros anastomosans*, встречается у *Chaetoceros dubius*.

Рисунок 3 – Пример справочника системы: описание термина «анастомоза»



...После взаимного скрещивания щетинки направляются наружу, под определенным углом к оси цепочки (AA'). Отверстия между смежными створками в цепочке называются окнами (8)...

Рисунок 4 – Морфология видов рода *Chaetoceros Ehr.*:фрагмент описания строения цепочки



...Спора имеет две створки: первичную (1) – под эпитекой клетки, вторичную (2) – под гипотекой клетки...

Рисунок 5 – Морфология видов рода *Chaetoceros Ehr.*:фрагмент описания строения споры

Заключение. Использование компьютерного определителя рода *Chaetoceros Ehr.* (Bacillariophyta) Черного моря позволяет решить задачу повышения эффективности анализа проб в гидробиологических исследованиях, приблизив результаты определения объекта неспециалистом к результатам, которые может получить эксперт - профессионал.

Созданный определитель позволяет сохранить знания, накопленные квалифицированными специалистами за многие годы изучения микрофлоры Черного моря.

Простота и понятность работы с системой дает возможность пользоваться данным определителем специалистам из разных областей исследований.

Компьютерный определитель рода *Chaetoceros Ehr.* может быть использован наряду с традиционными определителями в процессе подготовки молодых специали-

стов в области гидробиологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.А.Бутаков, С.Г. Лелеков Методические аспекты компьютерного обучения навыкам идентификации и диагностики // Сборник трудов СевГТУ, серия "Педагогика". – 2001. – вып. 34. – С. 64–67
2. Е.Ю. Георгиева, С.Г. Лелеков Программная система определения видов рода *Chaetoceros* Черного моря для контроля состояния морской среды // Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей: Тез. докл. Межд. науч. конф. (Крым, Донузлав 13–16 сент. 2005г.)– Севастополь, 2005. – С.21–22.
3. А.И. Прошкина-Лавренко Диатомовые водоросли планктона Черного моря. – М: Издательство АН СССР, 1955. – С. 5–49, 96–152.