



УДК 004.923

Первый опыт моделирования байкальской коловратки на примере *Keratella cochlearis*

Т. А. Ходжер, Ю. П. Сапожникова, В. Н. Дроздов, Н. Г. Мельник

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

E-mail: tatty@lin.irk.ru

Аннотация. В статье производится попытка проанализировать перспективность применения методов моделирования 3-мерной (3D) структуры микрообъекта для биологических исследований. В качестве модельного объекта выбрана байкальская коловратка *Keratella cochlearis* – обычный обитатель пелагиали озера, смоделировано дорсальное и вентральное изображение коловратки и получена цифровая матрица поверхности ее панциря.

Ключевые слова: фотограмметрические методы, 3D модель, коловратка.

Исследование трехмерной структуры, а также формы микрообъекта существенно расширяет возможности биологических исследований, в отличие от применяемого на сегодняшний день подхода, в котором анализируется лишь плоская проекция исследуемого образца (световой микроскоп, растровый электронный микроскоп и т. п.). В зависимости от морфологических признаков и пространственной формы организма строится систематика животных, определяется их видовая принадлежность, в т. ч. для коловраток [8]. Возникает насущная задача – внесение качественных изменений в работу исследователя, занимающегося изучением морфологических признаков (морфологической варибельности животных и т. п.) с помощью растровой электронной микроскопии путем внедрения новых информационных технологий.

Коловратки являются одним из важных компонентов экосистемы пелагиали оз. Байкал [2]. Благодаря своим небольшим размерам (десятки-сотни микрон), повсеместному распространению, морфологическому разнообразию и четкой системе «линейных» морфологических параметров панциря [3], они являются хорошим модельным объектом для выявления перспективности построения и анализа трехмерных изображений облика в ряде биологических исследованиях.

Так, в настоящее время обсуждается вопрос о реальной степени космополитизма среди коловраток в связи с наличием т.н. «скрытых» (сгуртиc) видов [7, 9]. В связи с этим может оказаться перспективным выявление (и последую-

щее измерение) видоспецифичных ключевых морфологических признаков не в общепринятых 2-мерных, а в 3-мерных изображениях. Это касается не только особенностей внешнего облика этих микроскопических животных, но скульптуры панциря или покоящихся яиц коловраток в 3D-режиме.

Для коловраток отмечено многообразие форм тела у разных видов и для ряда видов – исключительное внутривидовое фенотипическое разнообразие [8]. Например, два близкородственных эндемичных планктонных вида р. *Notholca* в пелагиали Байкала демонстрируют при сообитании две разные стратегии: *N. grandis* – многообразие форм, *N. intermedia* – стабильность облика внутри вида; ряд неэндемичных видов коловраток в Байкале также образуют серии морфотипов, в частности виды р. *Keratella* [1]. Компьютерное моделирование на 3-мерном образе коловраток поможет решать задачи экологической и эволюционной морфологии: выявлять принципы и причины формообразования по ключевым соотношениям пропорций тела или облика в 3D режиме, появление морфотипов в тех или иных условиях среды, и соответственно, определять причины различий видовых адаптивных стратегий. Такое компьютерное моделирование связано, таким образом: 1) с функциональной морфологией; 2) с приспособительной изменчивостью и формированием биоразнообразия; 3) с поиском принципиально новых ключевых признаков, т. е. с систематикой; 4) с экологией и, возможно, с топологией и бионикой. Как минимум, такие

исследования могут быть направлены на автоматизацию морфологических измерений и компьютерную видовую диагностику природных образцов из проб по схеме, отработанной на компьютерной модели. Особая задача – создание компьютерных атласов 3-мерных изображений планктонных животных Байкала.

Первый шаг работ подобного рода – создание компьютерной имитации особи определенного вида. В данной работе предпринята попытка создать такую имитацию на примере широко распространенной в пелагиали озера Байкал коловратки рода *Keratella* (*Keratella cochlearis cochlearis*).

Материалы и методы

Для проведения исследования был выбран образец коловратки *K. c. cochlearis* из пробы, взятой в октябре 1999 г. в Среднем Байкале на центральной станции разреза пр. Харауз – м. Красный Яр (из слоя воды 0–10 м). Длина панциря образца 130 мкм, ширина 55 мкм. Макет образца был создан с помощью программы 3D моделирования. Степень схожести модели с реальным биологическим объектом определялась характером поставленной задачи: было необходимо получить так называемую «болванку» – макет объемного тела с высокой степенью достоверности 3D формы образца.

Построение сложной структуры панциря биологического объекта в 3-мерных графических редакторах является задачей весьма трудоемкой и сложно выполнимой. Поэтому нами была предпринята попытка воссоздать сложный рисунок скульптуры с помощью фотограмметрических методов [5]. В Лимнологическом институте реализован алгоритм моделирования 3-мерных скульптур микрообъектов [6] с помощью стереопары биологического объекта, полученной на растровом электронном мик-

роскопе (РЭМ) Philips 525M. Данный алгоритм реализован в виде программного комплекса, интегрирующего как специально разработанное программное обеспечение Program of Analysis 3D Model (PA-3DM), так и лицензионную цифровую фотограмметрическую систему Z-Space 1.2.

Для работы на растровом электронном микроскопе (РЭМ) была произведена гистологическая обработка образца по стандартной методике [3; 4]. Материал фиксировали в 2,5%-ном растворе глутаральдегида на 0,1 М фосфатном буфере (рН 7,4) три часа, затем промывали тем же буфером с добавлением глюкозы и дофиксировали 1%-ным раствором четырехоксида осмия на фосфатном буфере. Коловраток обезживали в ряду концентраций этанола. Напыленный золотом образец помещали в камеру микроскопа для получения стереопары с заданными углами (-5° , 0° , $+5^\circ$).

Результаты и обсуждения

В результате проведенной работы были получены 3D-модель коловратки (рис. 1) и цифровая матрица рельефа поверхности коловратки *K. c. cochlearis* (рис. 2). Однако ожидаемой характерной скульптуры на спинной пластинке коловратки получить пока не удалось. Возможно, это отчасти связано с тем, что при подготовке образец претерпел некоторую деформацию ввиду примененной методики высушивания образца в термошкафу, а не при критической точке под глубоким вакуумом и высоким давлением. При условии доработки методики пробоподготовки и получения более реалистичной модели рельефной поверхности образца, нами делается вывод о принципиальной возможности построения цифровых 3D моделей байкальских коловраток и в целом – микрообъектов в биологических исследованиях.

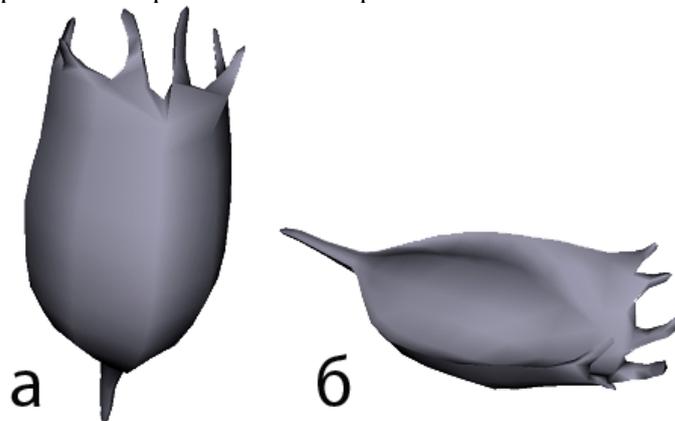


Рис. 1. Смоделированное изображение коловратки *Keratella cochlearis cochlearis*: а) дорсально, б) вентрально

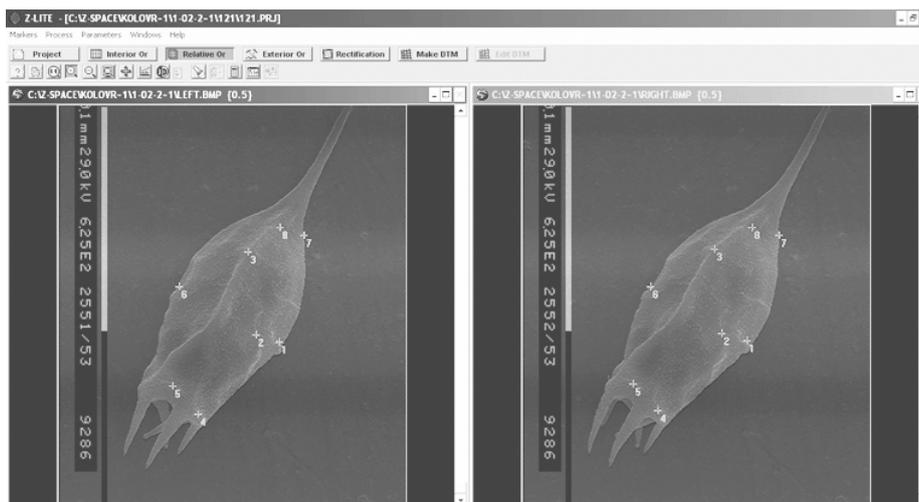


Рис. 2. Интерфейс программной среды Z-Space с загруженной стереопарой коловратки

Ближайшая задача – создание на основе 3-мерных моделей полученных образцов коллекции 3-мерных изображений байкальских коловраток. Создание такой коллекции является актуальной задачей, поскольку позволяет накапливать научную информацию для последующего морфологического сравнения с коловратками данных видов из других водоемов, определять их схожесть и принципиальные различия.

Литература

1. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна : в 2 т. – Новосибирск: Наука, 2001. – Т. 1. – 832 с.
2. Атлас и определитель пелагиобонтов Байкала (с краткими очерками по экологии) / О. А. Тимошкин, Г. Ф. Мазепова, Н. Г. Мельник и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 1995. – 694 с.
3. Миронов А. А. Методы электронной микроскопии в биологии и медицине / А. А. Миронов, Я. Ю. Комиссарчик, В. А. Миронов. – СПб. : Наука, 1994.
4. Сапожникова Ю. П. Особенности морфологической поляризации сенсорных элементов слухового сакулярного эпителия у байкальских рогатко-

видных рыб (Cottoidei) / Ю. П. Сапожникова, И. В. Клименков, Н. Г. Мельник // Сенсорные системы. – 2007. – № 21(2). – 140–146.

5. Трубина Л. К. Стереомодели в изучении биологических объектов / Л. К. Трубина. – Новосибирск : СГГА, 2006. – 136 с.

6. Ходжер Т. А. Использование методов цифровой фотограмметрии для воссоздания рельефа чешуи байкальского омуля / Т. А. Ходжер, И. В. Бычков, М. Л. Тягун // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10, № 4. – С. 107–110.

7. Segers H. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater / H. Segers // Hydrobiologia. – 2008. – Vol. 595. – P. 49–59.

8. Wallace R. L. Rotifera / R. L. Wallace, T. W. Snell, C. T. Ricci et al. // Volume 1 : Biology, Ecology and Systematics (2nd edition). In : Dumont H.J.F., Guides to the identification of the microinvertebrates of the world // Kenobi Productions and Backhuys Publishers, Leiden, 2006. – 299 p.

9. Wallace R. L. Species composition and distribution of rotifers in Chihuahuan Desert waters of Mexico : is everything everywhere? / R. L. Wallace, E. J. Walsh, Th. Schroder et al. // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 2008. – Vol. 30, Part 1. – P. 73–76.

The first pilot modelling of a Baikal Rotifer on the example of *Keratella Cochlearis*

T. A. Hodzher, U. P. Sapoznikova, V. N. Drozdov, N. G. Melnik

Institute of Limnology SB RAS, Irkutsk

Abstract. This work tries to analyze availability of the method application of 3D structure modelling of a microobject for biological studies. A Baikal rotifer *Keratella cochlearis*, a common inhabitant of the lake pelagic zone, was chosen as a model object. Dorsal plate and ventral image of the rotifer were modelled and digital matrix shape of its frustule was compiled.

Key words: photogrammetric methods, 3D model, and rotifer.

Ходжер Татьяна Андреевна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, а/я 278
научный сотрудник гр. ИТП
тел. (395 2) 51-13-01

Hodger Tatyana Andreyevna
Institute of Limnology SB RAS
664033, Irkutsk, 3, Ulan-Batorskaya St.
research scientist
phone: 42-65-04, fax: 42-54-05

Сапожникова Юлия Павловна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, а. я. 278
аспирант
тел. 8(395 2) 42-26-95

Sapozhnikova Yulia Pavlovna
Institute of Limnology SB RAS
664033, Irkutsk, 3, Ulan-Batorskaya St.
doctoral student
phone: 42-65-04, fax: 42-54-05

Дроздов Виктора Николаевич
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, а/я 278
главный специалист гр. ИТП
тел. (395 2) 42-26-95

Drozhdov Viktor Nikolaevitch
Institute of Limnology SB RAS
664033, Irkutsk, 3, Ulan-Batorskaya St.
principal specialist
phone: 42-65-04, fax: 42-54-05

Мельник Наталья Григорьевна
Лимнологический институт СО РАН
664033 г. Иркутск, а/я 278
кандидат биологических наук, зав. лабораторией
биологии рыб и водных млекопитающих
тел. (395 2) 42-26-95,
E-mail: melnik@lin.irk.ru

Melnik Natalya Grygorievna
Institute of Limnology SB RAS
664033, Irkutsk, 3, Ulan-Batorskaya St.
Ph.D. in Biology, senior research scientist, Head of
Laboratory of Fish and Water Mammals Biology
phone: 42-65-04, fax: 42-54-05
E-mail: melnik@lin.irk.ru