

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА 3D-MICROALGAE ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБЪЕМА И ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ОБОЛОЧКИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Антон М. Лях

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности использования авторской программы 3D-Microalgae для построения трехмерных геометрических моделей оболочек одноклеточных водорослей и вычисления их объемов и площадей поверхности. Усовершенствованный метод, реализованный в программе, значительно (на 30–70% для диатомовых водорослей) повышает точность расчетов этих морфометрических характеристик, а также других, сопряженных с ними показателей функционирования сообществ одноклеточных водорослей.

**Ключевые слова:** 3D-Diatoms, гидробиологические методы, динофитовые водоросли, биомасса, первичная продукция, трехмерные геометрические модели

*Институт биологии южных морей НАН Украины, пр. Нахимова 2, Севастополь, 99011, Украина; antonlyakh@yahoo.com*

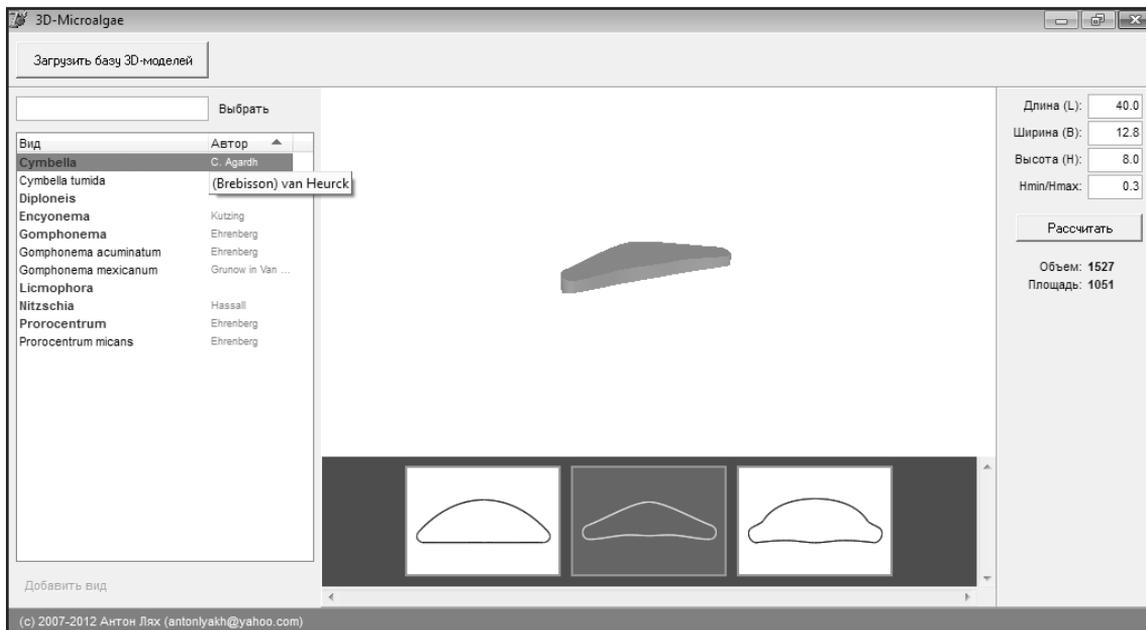
Определение биомассы одноклеточных водорослей – трудоемкая задача, решаемая различными способами. В настоящее время общепризнано, что наиболее совершенным способом является метод геометрических моделей. Он основан на пересчете объема геометрического тела, подобного форме оболочки одноклеточной водоросли, в единицы массы (Киселев 1969). Этот метод также позволяет определить площадь поверхности оболочки микроводоросли и вычислить поверхностно-объемные соотношения (Алеев 1976; Брянцева 2005), необходимые для изучения структурно-функциональных характеристик микроводорослей, определения параметров вещественно-энергетических потоков, протекающих через поверхность микроводорослей, их продукционных характеристик (Апонасенко *и др.* 2000; Хайлов *и др.* 1992; ALVEZ-DE-SOUZA *et al.* 2008; Крук *et al.* 2002). Обычно для аппроксимации формы оболочки микроводорослей используют простые геометрические тела (Брянцева *и др.* 2005; Лях и Брянцева, 2008; HILLEBRAND 1999; SUN & LIU 2003), что приводит к существенным погрешностям при расчете объема и, в особенности, площади поверхности микроводорослей сложной формы (Лях 2005, 2007, 2010; Лях и Токарев 2005; Неврова и Лях 2006). Усовершенствованный метод, основанный на применении трехмерных геометрических моделей, позволяет более корректно воспроизвести форму клеточной оболочки и, соответственно, значительно повысить точность расчета морфометрических

характеристик одноклеточных водорослей (Луакн 2007; Лях 2010).

Цель настоящей работы – показать особенности построения трехмерных геометрических моделей оболочек (панцирей) диатомовых водорослей (Bacillariophyta) и расчета их объемов и площадей поверхностей при помощи программы 3D-Microalgae, разработанной автором.

Трехмерная модель панциря диатомовой водоросли создается по совокупности изображений, на которых панцирь представлен в разных ракурсах. Изображения служат для создания компьютерных контуров проекций панциря, которые при помощи оригинальных алгоритмов komponуются в трехмерную модель (Лях 2005, 2007, 2010; Лях и Токарев 2005; Неврова и Лях 2006; Луакн 2007). В зависимости от сложности формы панциря для построения модели используют от одного до трех контуров его проекций. Процесс построения трехмерной модели аналогичен созданию детали по ее чертежам.

Компоновка контуров в трехмерную модель выполняется при помощи разработанной автором компьютерной программы 3D-Microalgae. Программа работает с несколькими таблицами базы данных: таксономической, содержащей видовые и внутривидовые названия таксонов и их синонимы; таблицей контуров трехмерных моделей и таблицей трехмерных моделей панциря этих таксонов. Разнообразие форм панциря диатомовых имитируется несколькими



**Рис. 1.** Интерфейс программы 3D-Microalgae: показана трехмерная модель панциря диатомовой водоросли рода *Cymbella* Ag.  
**Fig. 1.** The interface of 3D-Microalgae software: 3D-model of the frustule of *Cymbella* Ag. diatom is shown.

типами трехмерных моделей: цилиндрической, осевой, клиновидной, секционной и комбинированной (Лях 2010), которые позволяют воспроизвести форму панциря практически всех представителей диатомовых водорослей.

Для внесения в базу данных новых видовых названий и новых трехмерных моделей панциря предназначены дополнительные модули. При помощи первого модуля в таблицу таксонов вносятся и редактируются названия видов и их синонимов. Синонимичные названия связываются с принятым названием таксона и с соответствующей этому названию трехмерной моделью. Второй модуль позволяет пользователю самостоятельно создать трехмерную модель из проекций контуров панциря, содержащихся в БД.

При расчетах морфометрических характеристик панциря исследователю необходимо выбрать трехмерную модель, которая соответствует видовому названию или форме панциря водоросли (без определения ее видовой принадлежности), и ввести размеры этой водоросли. Программа создает трехмерную модель панциря конкретного индивида и вычисляет его объем и площадь поверхности. Интерфейс программы показан на Рис. 1.

Разработанная программа отличается от существующих аналогов высокой точностью расчетов морфометрических показателей панциря диатомовых водорослей сложного морфологического строения. Точность расчетов, в этом случае, увеличивается на 30–70% в зависимости от формы клетки.

Программа имеет несколько версий, одна из которых использована для вычисления объема и площади поверхности массовых видов бентосных диатомовых водорослей, обнаруженных в рыхлых осадках двух бухт Севастопольского региона (Лях и Неврова 2010). Другая версия программы применяется для расчета объема и площади поверхности оболочки светящихся видов динофитовых водорослей (Duniophyta), обитающих в Черном море (Лях и Брянцева 2011).

Принципы построения трехмерных моделей внешней оболочки универсальны и могут быть использованы для любых одноклеточных организмов. В ближайшей перспективе планируется реализовать работу программы с иными таксономическими группами одноклеточных водорослей.

## Цитируемые источники

- АЛЕЕВ Ю.Г. 1976. Нектон. Наук. думка, Киев.
- АПОНАСЕНКО А.Д., ЩУР Л.А., ЛОПАТИН В.Н. 2000. Роль удельной поверхности клеток в продуктивности фитопланктона. *Доклады Академии Наук* 375 (3): 415–417.
- БРЯНЦЕВА Ю.В. 2005. Индекс формы одноклеточных водорослей как новый морфометрический критерий. *Экология моря* 67: 27–31.
- БРЯНЦЕВА Ю.В., ЛЯХ А.М., СЕРГЕЕВА А.В. 2005. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь. (Препринт. НАН Украины, Институт Биологии Южных морей).
- КИСЕЛЕВ И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Вводные и общие вопросы планктологии. Изд-во «Наука», Ленинград.
- ЛЯХ А.М. 2007. Геометрическое моделирование диатомовых водорослей рода *Symbella* Agardh. *Экология моря* 74: 50–55.
- ЛЯХ А.М. 2005. Сравнение методов оценки объемов и площадей поверхности диатомовых водорослей. *Наук. зап. Терноп. нац. Пед. ун-ту. Сер. Біологія* 4 (27): 144–146.
- ЛЯХ А.М. 2010. Оценка морфометрических характеристик диатомовых водорослей с использованием трехмерных геометрических моделей. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Севастополь.
- ЛЯХ А.М. и БРЯНЦЕВА Ю.В. 2008. Формулы для вычисления объемов и поверхностей микроводорослей, находящихся в коллекции ИнБЮМ. Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования: 281–290. ЭКОСИ-Гидрофизика, Севастополь.
- ЛЯХ А.М. и БРЯНЦЕВА Ю.В. 2011. Оптимизация измерений представителей трех видов динофитовых водорослей рода *Neoceratium* (Dinophyceae). *Морской экологический журнал* 2: 66–72.
- ЛЯХ А.М. и НЕВРОВА Е.Ю. 2010. Пространственное распределение морфохарактеристик бентосных диатомовых водорослей по акваториям бухт Севастопольской и Ласпи (Черное море). *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 3 (44): 146–148.
- ЛЯХ А.М. и ТОКАРЕВ Ю.Н. 2005. Оценка объемов и площадей поверхности диатомовых водорослей при помощи трехмерных моделей. *Морской экологический журнал* 1: 69–77.
- НЕВРОВА Е.Л. и ЛЯХ А.М. 2006. Новые и редкие для Черного моря виды донных диатомовых (Bacillariophyta) и определение их биомассы с помощью трехмерного моделирования. *Экология моря* 72: 30–37.
- ХАЙЛОВ К.М., ПРАЗУКИН А.В., КАВАРДАКОВ С.А., РЫГАЛОВ В.Е. 1992. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. Наук. думка, Киев.
- ALVEZ-DE-SOUZA C., GONZALEZ M.T., IRIARTE J.L. 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *J. Plankton Res.* 30 (11): 1233–1243.
- HILLEBRAND H., DÜRSELEN C.-D., KIRSCHELD., POLLINGER U., ZOHARY T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycology* 35: 403–424.
- KRUK C., MAZZEO N., LACEROT G., REYNOLDS C.S. 2002. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *J. Plankton Res.* 24 (9): 901–912.
- ЛЯХ А.М. 2007. A new method for accurate estimation of diatom biovolume and surface area. *Proc. of the 1st Central European Diatom Meeting, 2007. Berlin*: 113–116. Freie Universitat Berlin.
- SUN J. & LIU D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *J. Plankton Res.* 23 (11): 1331–1346.

## 3D-MICROALGAE SOFTWARE USED FOR THE ESTIMATION OF MICROALGAE BIOVOLUMES AND SURFACE AREA

ANTON M. LYAKH

**Abstract.** The main steps of using of an original software package 3D-Microalgae for constructing three-dimensional geometric models of microalgae shells and estimating of their biovolume and surface areas are described. An improved method realized in the software allows significantly increasing the accuracy of that morphometrical characteristics calculation.

**Key words:** dinoflagellata, Dinophyta, 3D-Diatoms, hydrobiological methods, biomass, primary production, three-dimensional geometric models

*Institute of Biology of the Southern Seas NAS of Ukraine, Nakhimova av., 2, Sevastopol, 99011, Ukraine; antonlyakh@yahoo.com*