

УДК 582.26

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСОРЦИУМА ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК АКВАКУЛЬТУР

*Т.В. Невская<sup>2</sup>, В.В. Поважный<sup>1</sup>, Ю.А. Смятская<sup>2</sup>, У.Д. Андрианова<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
 Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский Политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия  
*nevskaya.tatyana92@yandex.ru*

Водоросли играют важную роль в формировании пищевой цепочки водных организмов, они поглощают углекислый газ и производят кислород, содержат ценные питательные компоненты в своем составе, а также служат кормом для различных рыб, креветок, моллюсков и прочих представителей водной фауны. Актуальным является использование данных видов культур для производства пищевых и кормовых добавок, фармацевтических субстанций и косметических средств широко используется. Набирает высокий оборот изучение антибактериальных свойств водорослей, а также изучение жирорастворимых витаминов и жирных кислот омега-3 в морепродуктах.

Цель работы: изучение состава ценных компонентов консорциума диатомовых водорослей, полученного из Баренцева моря.

**Ключевые слова:** водоросли, фитопланктон, липиды, высшие жирные кислоты, хлорофилл, консорциум, кормовые добавки, аквакультура

## RESEARCH OF THE CONSORTIUM OF DIATOMS OF THE ARCTIC REGIONS FOR THE ENRICHMENT OF FEED ADDITIVES OF AQUACULTURE

*T.V. Nevskaya<sup>2</sup>, V.V. Povazhnyi<sup>1</sup>, J.A. Smyatskaya<sup>2</sup>, U.D. Andrianova<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Algae play an important role in the formation of the food chain of aquatic organisms, they absorb carbon dioxide and produce oxygen, contain valuable nutritional components in their composition, and also serve as food for various fish, shrimps, shellfish and other representatives of aquatic fauna. The use of these types of crops for the production of food and feed additives, pharmaceutical substances and cosmetics is widely used. The study of the antibacterial properties of algae, as well as the study of fat-soluble vitamins and omega-3 fatty acids in seafood is gaining high momentum. The purpose of the work is to study the composition of valuable components of the consortium of diatoms obtained from the Barents Sea.

**Keywords:** algae, phytoplankton, lipids, higher fatty acids, chlorophyll, consortium, feed additives, aquaculture

Богатым источником ценных компонентов таких как полисахариды, пигменты, липиды могут быть природные объекты – диатомовые водоросли. Диатомовые водоросли Арктических регионов - являются малоизученными и представляет большой интерес среди ученых по всему миру [6]. Они способны выдерживать экстремально низкие температуры и при этом быть в фазе экспоненциального роста, в условиях полярного дня и ночи, могут приспособиться к изменениям окружающей среды, выдерживают условия повышенной солености морей. Образец для

исследования предоставлен учеными ААНИИ из научно-исследовательской экспедиции на Баренцево море.

Для детального изучения и отслеживания фаз роста использовали микроскоп ЛабоМед-2 с камерой Olimpus V-ND 25-2 при увеличении 100. На рис. 1 представлена микроскопия консорциума диатомовых водорослей на экспоненциальной фазе роста.

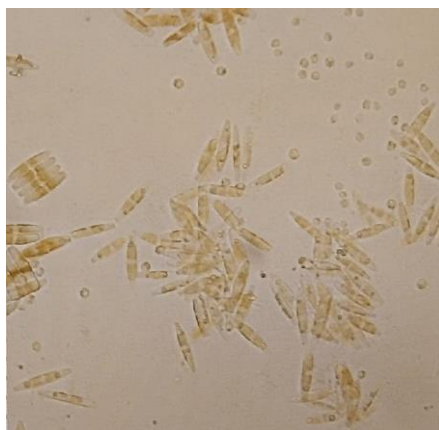


Рисунок 1. Консорциум диатомовых водорослей, x100

Для выращивания водорослей в лабораторных условиях была приготовлена питательная среда F/2. Для приготовления питательной среды использовали морскую воду, которая была собрана из Баренцево моря. Предварительно морскую воду фильтровали через фильтр марки ФБ-III и добавляли микро- и макроэлементы, концентрация которых указана в табл. 1. Срок годности питательной среды не более 1 месяца в плотно закрытой таре, при температуре от +12 до +16 °С.

Таблица 1

Концентрация макро- и микроэлементов для приготовления среды F/2

№	Микро- и макроэлементы	Концентрация в исходном растворе, г/л	Количество в 1 л среды
1	NaNO <sub>3</sub>	150,00	1
	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	10,00	
2	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> *9H <sub>2</sub> O	60,00	1
3	CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	0,02	1
	ZnSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	0,04	
	CoCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	0,02	
	MnCl <sub>2</sub> *4H <sub>2</sub> O	0,36	
	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	0,01	
4	Трилон	8,71	1
5	FeCl <sub>3</sub> *6H <sub>2</sub> O	6,31	1
6	Тиамин (витамин B <sub>1</sub> )	-	0,004
	Биотин (витамин B <sub>7</sub> )	0,12	20
	Цианокобаламин (витамин B <sub>12</sub> )	1,01	2

Параметры, при которых выращивали водоросли: температура +15-18 °С, освещение: лампа дневного света 2400±200 Лк, режим «день/ночь» - 6 /18» [4].

Основным и ключевым показателем роста водорослей является концентрация и наличие хлорофилла. Хлорофилл – это пигмент, который присутствует в клетках растений, он участвует в процессе фотосинтеза. По увеличению количества хлорофилла можно судить о росте

водорослей на питательной среде. Содержание хлорофилла а определяли по ГОСТу 17.1.4.02-90 [3] с помощью спектрофотометра SPECORD 200 Analytic Jena производства Omnilab-laborzentrum и программного обеспечения WinAspect 2.3.1. Измерение оптических плотностей производили на длинах волн: 664, 647, 630 и 750 нм. Выход хлорофилла в начале исследования составил  $1,64 \pm 0,16$  мг/дм<sup>3</sup>. Результаты были сравнены после выращивания водорослей на среде F/2, необходимой температуры и освещенности. Полученный результат на 28 день исследования составил  $1,78 \pm 0,18$  мг/г. Прирост биомассы зафиксирован на 5,95 %. Молекула хлорофилла содержит систему сопряжённых двойных связей, что способствует поглощению света. Центральный атом магния играет важную роль в этом процессе, так как он взаимодействует с фотонами света, позволяя молекуле поглощать свет в красной области спектра. Когда магний удаляется из молекулы хлорофилла, например, в результате взаимодействия с кислотой, это приводит к изменению её способности поглощать свет и, как следствие, к изменению цвета. Этот процесс называется деметаллизацией хлорофилла. В результате, хлорофилл без магния теряет свою зелёную окраску и становится более бледным или жёлтым. Для сравнения результатов производили измерение до и после подкисления соляной кислотой. Схематично данный процесс представлен на рис. 2.

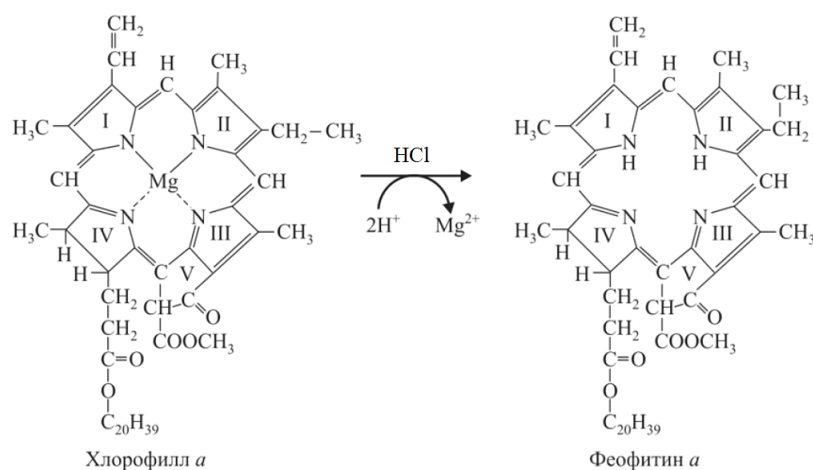


Рисунок 2. Получение Феофитина а

Согласно методике [3] определено количественное содержание хлорофилла а в начале исследования –  $1,04 \pm 0,10$  мг/г, на 28 день исследования –  $1,23 \pm 0,12$  мг/г.

Данное наблюдение дает нам возможность исследовать водоросли и просчитать фазу замедления, при которой уменьшается деление клеток происходящее из-за истощения питательной среды в закрытом биореакторе. Максимальный выход пигментов, в том числе хлорофилла и каротиноидов было зарегистрировано на 26-30 день выращивания культуры.

После проведения исследования пигментов в образце, исследовали общее содержание липидов. Особый интерес представляют липиды класса триацилглицеролы, которые состоят из глицерола и высших жирных кислот [8]. По своим свойствам в организме человека и животного могут выполнять ряд полезных функций: энергетическая – являются хорошим источником энергии (обеспечивают больше энергии на 1 грамм чем углеводы и белки); способствуют усвоению других питательных веществ (например жирорастворимых витаминов), улучшают передачу и проводимость веществ (например за счет образования липидной оболочки хиломикрон); структурная – поддержка клеток и тканей, обволакивающая функция; защитная – защита внутренних органов. Общее количество липидов определяли фосфованилиновым методом согласно методике [7]. Выход липидов составил  $25,00 \pm 1,29$  мг/г от биомассы.

Наиболее важными для человека являются высшие жирные кислоты Эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и Докозагексаеновая кислота (ДГК). Согласно литературным данным [1]

диатомовые водоросли накапливают и синтезируют достаточно большое количество ЭПК и ДГК в период стресса и интервальных перепадов физико-химических параметров окружающей среды.

**Заключение.** Представленный консорциум водорослей является перспективным источником для получения ценных компонентов, которые могут быть использованы в качестве кормовой добавки для аквакультур. Проведение дальнейших исследований в области разработки позволит создать экономически эффективную технологию извлечения ценных компонентов, позволит заменить на российском рынке множество импортных добавок и компонентов растительного и животного происхождения.

#### Библиографический список

1. Боголицын К.Г., Паршина А.Э., Дружинина А.С., Шульгина Е.В. Сравнительная характеристика химического состава некоторых представителей бурых водорослей белого и желтого морей. *Химия растительного сырья*, 2020. №3. 35–46 с.
2. Гогорев Р.М. Ботанические исследования в Антарктике. Тезисы докладов научной конференции «Россия в Антарктике». СПб., 2006. С. 25–26.
3. ГОСТ 17.1.4.02-90 Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а.
4. Куликовский М.С. История изучения флор диатомовых водорослей в сфагновых болотах России и некоторых сопредельных государств. *Новости систематики низших растений*, 2008, С. 36–54.
5. Смирнова В.С. Фитопланктон как индикатор состояния экосистемы Кондопожской губы Онежского озера в условиях садкового выращивания форели. *Трансформация экосистем* т. 7, выпуск 1, 2024. 177–195 с.
6. Шилин М.Б., Саранчова О.Л. Полярная аквакультура. Российский государственный метеорологический университет. СПб., 2005. 58 с.
7. Anschau, A., Caruso, C.K, Raquel F.T. Validation of the sulfo-phosphovanillin (SPV) method for the determination of lipid content in oleaginous microorganisms. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2017. P. 19–27.
8. Sakdullah A., Makoto T. One-step method for quantitative and qualitative analysis of fatty acids in marine animal samples. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. V. 354, Issue 1, 4 January 2008, P. 1–8.