

**6-е ЕВРОПЕЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ  
ПО БИОТЕХНОЛОГИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ (22-27 мая 2005 г.)****6-th EUROPEAN MEETING ON BIOTECHNOLOGY OF MICROALGAE (May 22-27, 2005)**

Традиционный научный форум, организованный проф. О. Пульц с коллегами, состоялся в Германии на базе Института переработки зерна под Берлином (г. Nuthetal). В работе форума приняли участие ученые из 25 стран. Вопросы разработки современных биотехнологий на основе микроскопических водорослей в настоящее время стали актуальными в связи с большими успехами в развитии эффективных биотехнологий культивирования и использования биомассы микроводорослей.

В повестку работы форума были включены 6 специализированных научных секций с устными докладами. Параллельно работала постерная секция, на которой было представлено до 40 стендовых научных докладов.

**Секция 1. "БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОФИЗИОЛОГИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ. КРИПТОГАМОВЫЕ"** (4 научных доклада).

Проф. S. Boussiba (Ин-т исследования пустынь, Израиль) выступил с докладом "Проблемы влияния микроскопических водорослей на окружающую среду". Были рассмотрены вопросы эволюции водорослей и приспособления их к выживанию в экстремальных условиях – при высоких температурах и уровнях солнечной инсоляции, обезвоживанию при высыхании и восстановлению жизнедеятельности после повторного увлажнения. Много внимания было уделено культивированию представителей рода *Haematococcus*, которые используются для получения каротиноидов, с помощью которых им удается защищать клетки от влияния сильного солнечного освещения, вызывающего фотоокисление и разрушение хлорофилла.

Немецкие специалисты C. Grewe, S. Krause-Hielscher, S. Genz из Anhalt University of Applied Sciences, Kothen (Германия) посвятили свой доклад вопросам выделения биологически активных веществ из клеток водорослей различных систематических отделов. В их числе жирные кислоты, полисахариды, витамины и каротиноиды, представляющие интерес для фармакологии и индустриализации процесса фотосинтеза. Особое внимание авторы уделили биологически активным соединениям в качестве антибиотиков. Учеными получены сильные препараты с антибиотической активностью при концентрации 0,04%.

Аргентинские исследователи G. Zulpa, C. Tassara, M. Zaccaro и др. представили доклад "*Nostoc muscorum* as control agent of *Sclerotinia sclerotiorum* infecting lettuce", посвященный изучению биологически активных веществ синезеленой водоросли. Авторы выделили соединения с высокой фунгицидной активностью, перспективные для практического использования с целью устранения негативных последствий грибного инфицирования растений.

В докладе Kennedy Aaron Aquol, Hishamuddin Omar (Малайзия) "Influence of salinity on nutrition content of *Arthrospira platensis* cultivated in aerobically digested palm oil mill effluent (ADPOME)" речь шла о влиянии условий питания на интенсивность роста и продуктивность спирулины в пресной и солоноватой воде с концентрацией соли от 1 до 5%

и добавлением пальмового масла в 14-дневном цикле ее развития. Сделан вывод о возможности культивирования спирулины в морской и солоноватой воде при добавлении различных концентраций пальмового масла, обработанного по определенной технологии.

## Секция 2. "БИОТЕХНОЛОГИЯ КРИПТОГАМНЫХ И ФОТОТРОФНЫХ ЭКСТРЕМОФИЛОВ" (5 докладов).

V. Ordog, J. Van Staden, W.A. Stirk, M. Strnad, O. Pulz et al. (Венгрия, ЮАР, Чехия, Германия) привели данные ценных штаммах водорослей крупных коллекций культур. Отмечено, что венгерская коллекция (МАСС) содержит 825 штаммов водорослей, представляющих интерес для культивирования (как продуценты полисахаридов, бактерицидных и фитогормональных соединений). В коллекции 65% эукариотов и 35% Cyanobacteria. Исследуется состав и активность биологически активных соединений. Антибактериальная активность обнаружена у 200 штаммов водорослей.

N.T. Eriksen, R.A. Schmidt, O.S. Graverholt, J.K. Sloth (Дания) в докладе "Heterotrophic high cell density cultures of the phycocyanin producing microalga *Galdieria sulphuraria*" характеризуют водоросль как перспективный объект для культивирования. Ацидофильная красная водоросль хорошо растет в культуре и устойчива к факторам среды. Перспективна водоросль в качестве продуцента фикоцианина, накапливая его от 250 до 400 мг/дм<sup>3</sup>, что значительно больше, чем у спирулины. Водоросль растет и гетеротрофно, образуя фотосинтетические пигменты.

N. Haubner, R. Schumann, U. Karsten (Германия) в докладе "Microalgae on facades – survival and success in extreme environments" на примере двух штаммов *Sticococcus* spp. и одного штамма *Chlorella* sp. исследовали влияние температуры и относительной влажности воздуха на рост водорослей на фасадах зданий. Установлены температурные пределы, при которых водоросли развиваются (-4 – 30 °C) с оптимумом при температуре 20-23 °C. Важную роль играет влажность.

M. Thein, O. Pulz, N. Sein et al. (Бирма) в докладе "Production and use of *Spirulina* in Myanmar since 1988" рассмотрели вопрос о влиянии спирулины на прорастание семян различных растений. В результате предпосевной обработки спирулиной семян различных сельскохозяйственных растений (риса, пшеницы, масличных, бобовых и овощных культур) увеличилась их урожайность.

T. Leua (Германия) в докладе "From the field into the bioreactor: Psychrophilic and mesophilic snow algae as bioresources for different secondary metabolites" рассматривает комплекс биологически активных веществ водорослей, которые могут найти широкое применение.

## Секция 3. "ФОТОБИОРЕАКТОРЫ И ПРОДУКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ" (6 докладов).

M. Tredici (Италия) выступил с докладом "Photobioreactor designs and strategies to achieve algologists dream: 10% solar energy conversion efficiency" о масштабах и итогах работ по интенсивному культивированию водорослей в Италии. Большое количество закрытых трубчатых фотобиореакторов для выращивания биомассы водорослей построено на площадках вдоль дорог. Чаще всего объектом массового культивирования являются хлорелла (для витаминизированных добавок в корм животных), а также спирулина. Культивирование водорослей осуществляется на солнечном свете.

R.H. Wijffels (Нидерланды) в докладе "Photosynthetic Cell Factories" информировал о комплексе работ, выполненных в течение 2000-2004 гг., по интенсивному культивированию *Dunaliella salina* для получения каротиноидов, и в первую очередь  $\beta$ -каротина, а также ненасыщенных жирных кислот. Для выращивания водоросли был создан ряд оригинальных фотобиореакторов, разработаны биотехнологии культивирования и выделения полученных компонентов. Результаты о конструкторских особенностях созданных фотобиореакторов, технологии культивирования и особенности препаративного выделения ценных химических соединений регулярно публикуются в «Biotecnol. Bioeng.».

В докладе K.H. Steinberg, M. Ecke, J. Ullmann (Германия) "Experience with the world – largest glass tube photobioreactor for *Chlorella* cultivation" речь идет об основных аспектах промышленного культивирования хлореллы в заводских условиях. Для этой цели в г. Клотце построен большой завод, в котором только для фотобиореакторов использовано 500 м стеклянных труб с оптимальными оптическими характеристиками для пропуска фотосинтетически активной радиации Солнца, а также искусственных источников света. Система полностью автоматизирована, что позволяет полученную суспензию хлореллы сразу же центрифугировать для отделения ее от среды, а также высушивать на распылительных сушилках до порошка. Производительность фотобиореакторов позволяет получать 60-100 т биомассы сухой хлореллы на 1 акр в виде зеленого белково-витаминизированного продукта.

H. Lutze, D. Kuchenmetister (Германия) в докладе "Hydrogen production by the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*" рассказали об особенностях получения водорода в процессе массового культивирования одного из видов зеленой водоросли. Для этого подобраны наиболее продуктивные штаммы хламидомонасы, созданы соответствующие фотобиореакторы от 10 до 700 л суспензии водорослей, на основе которых разрабатывается и оптимизируется система анаэробного биологического получения водорода.

G.E. Molina, J.M. Fernandez Sevilla, F.G. Acien Fernandez et al. (Испания) ("Production of lutein from the microalgae *Scenedesmus almeriensis* in an industrial size photobioreactor: case study") ознакомили присутствующих с результатами массового культивирования одного из видов сценедесмусов, для которого был создан фотобиореактор из полиметилакрилата диаметром 0,10 м, длиной 400 м и высотой 4 м. Продуктивность его составляла от 0,4 до 1,1 г/л биомассы в день. Из выращенной биомассы получали лютеин до 5 мг/сутки. Проводится оптимизация работы системы.

E. Manav, M. Conk Dalay (Турция) в докладе "Influence of Wavelength Intervals on Biomass Production and Phycocyanin Content of *Spirulina platensis*" рассказали о выращивании спирулины при различных спектральных характеристиках освещения (белое, голубое, красное облучение) в течение 20 суток. Максимальная продуктивность биомассы получена при 580-700 нм. Максимальный выход билипротеинов 0,211 г/л и 0,125 г на 1 г сухого вещества получен при белом освещении.

**Секция 4. "МИКРОВОДОРОСЛИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, КОСМЕТИКЕ, ФАРМАЦЕВТИКЕ"** (9 докладов).

В докладе T.V. Parshikova, V. Vlasenko, T. Schegoleva "Nondestructive methods of express-control on algae functional state" рассмотрены результаты прижизненного контроля численности и функционального состояния водорослей тремя методами.

1. Лазерно-доплеровской спектроскопией (измерение скорости и энергетики движения подвижных клеток водорослей).

2. Изменение степени гидратации клеток водорослей модифицированным методом сверхвысокочастотной диэлектрометрии (количественное определение свободной и связанной воды в клетках водорослей).

3. Дифференциальной флуорометрии (определение по хлорофилльному показателю количества водорослей различных систематических групп, а также оценка степени жизнеспособности и потенциальной фотосинтетической активности).

Подробнее материалы представлены в работе Т.В. Parshikova «Express methods of nondestructive control for physiological state of Algae // Strategic Management of Marine Ecosystems». Ed. by E. Levner, I. Linkov and J.-M. Proth. NATO Sci. Ser. IV. Earth and Environ. Sci. Vol. 50, p. 81-91.

S. Mundt, S. Kreitlow, E. Zainuddin et al. ("Cyanobacteria – a prolific source of new pharmaceuticals", Германия) исследовали комплекс биологически активных веществ трех видов цианобактерий – *Limnothrix redekei*, *Microcystis*, *Nostoc* из различных коллекций. Обнаружены соединения с антибиотической, антифузальной, цитостатической и цитотоксической активностью. Получены 118 липофильных и гидрофильных экстрактов. В их числе обнаружена антивирусная противогриппозная активность, а также ингибиторы вируса герпеса. Исследуется химическая природа выделенных биологически активных соединений, проводится идентификация обнаруженных циклических пептидов. Обсуждается вопрос о наличии у синезеленых водорослей комплекса биологически активных соединений, перспективных для терапевтического применения.

Л.П. Лосева (Беларусь) в докладе "Medico-biologic recovery remedies under conditions of physical activities based upon *Spirulina platensis*" оценивает эффективность использования биомассы спирулины при лечении различных заболеваний как терапевтического характера, так и двигательной активности. Получены положительные результаты при лечении ряда заболеваний взрослых и детей.

W. Johannsbauer, E.U. Mahnke в работе "Extraction of active ingredients from plants including algae" (Германия) исследовали биологически активные комплексы ряда растений и водорослей, выращиваемых в контролируемых условиях. Разрабатываются методы улучшения экстракции за счет диспергирования биомассы, выделения, кристаллизации и очистки, изучается биологическая активность выделенных соединений. Основное внимание уделено каротиноидам, а также хлорофиллу.

H.M. Fernandez-Lahore, R.B. Cabrera, S. Binner в работе "Downstream processing strategies for blue biotechnology" (Германия) изучают теорию и практику современных голубых биотехнологий, анализируют их положительные и негативные аспекты в получении новых биологически ценных продуктов. Подготовка, выделение и идентификация компонентов из исследуемого материала занимает 50-80% времени. Столько же требуется для очистки от примесей. Для расширения, углубления и практического использования результатов этих работ необходимы значительные инновации.

F.F. Yilmaz Koz, G. Ozdemir, M. Conk Dalay. et al. ("Antibacterial activity of volatile component and various extracts of porphyridium cruentum", Турция) исследовали

антибактериальную, антивирусную и антигрибковую активность у микроскопической красной водоросли, выделяя вещества, перспективные в фармакологии. Значительный интерес представляют полисахариды порфиридиума, полиненасыщенные жирные кислоты и пигменты. Проведено выделение ряда биологически активных соединений, разработана соответствующая методика. Проверена антибактериальная активность выделенных веществ на ряде видов и штаммов патогенных микроорганизмов (*Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* и ряда других). Исследуются перспективы лечебного применения данных штаммов.

О. Pulz (Германия) в докладе "Microalgae as production systems" представил обобщенные данные о реальных перспективах использования производственных возможностей микроскопических водорослей в качестве пищевых добавок. Рассмотрен комплекс действующих биотехнологий и современных производственных систем в получении каротиноидов, ненасыщенных жирных кислот, биологически активных соединений, фармацевтических продуктов. Важную роль в успешном решении указанных проблем играют управляемые производственные системы для выращивания микро- и макроскопических водорослей. На сегодняшний день многие из этих систем требуют усовершенствования для успешного решения важных производственных проблем прикладной альгологии.

Е. Kohler в докладе "Unconventional procedures for the production and stabilization of extracts with active agents" (Германия) рассмотрела комплекс нетрадиционных методических подходов и процедур получения качественной продукции микроскопических водорослей и стабилизации экстрактов выделенных биологически активных соединений. Рассмотрено влияние пульсирующего электрического поля при изучении хлореллы и спирулины. Обсуждаются возможности действующих факторов на дезинтеграцию клеток водорослей для более полной экстракции важных компонентов. Исследовались изменения в протеазной активности, пигментах и содержащих белок компонентах при дезинтеграции клеток с помощью пульсирующих электрических полей. Получены функциональные характеристики ингредиентов водорослей, проявления антиоксидантной активности, а также другие эффекты при наложении пульсирующих электрических полей. Важную роль играет факт очистки объектов от контаминирующих микроорганизмов. Получены результаты по влиянию пульсирующих электрических полей на микробиологическую стабилизацию чувствительных экстрактов водорослей. Удаление контаминирующих организмов – важный этап, поэтому требует уточнения технологии процесса и используемых параметров.

**Секция 5. "МИКРОВОДОРОСЛИ В ПИТАНИИ ЖИВОТНЫХ И АКВАКУЛЬТУРЕ"** (3 доклада).

Muller-Feuga (Франция) в докладе "Modelling the growth of algae as a mean to better design and operate production systems" рассматривает вопросы моделирования роста отдельных водорослей в зависимости от факторов среды и физиолого-биохимических особенностей водорослей.

В докладе R. Nahlweg (Германия) "Recent advances in closed aquaculture feeding" рассмотрены вопросы аквакультуры рыб как важного источника белка и пищевых продуктов. Аквакультура рыб также требует контроля условий. Наличие белка для рыб – важное условие их существования, поэтому необходимо создание закрытых управляемых

систем для выращивания рыбных кормов. Эти системы должны включать и другие факторы управления условиями среды.

В докладе M.G. Guetero, E. Del Rio, A.M. Blanco (Испания) "Accumulation of astaxanthin by microalgae" рассмотрены вопросы динамики накопления астаксантина в клетках водоросли *Haematococcus pluvialis* в зависимости от условий выращивания. Аккумуляция астаксантина зависит от освещения и наличия азота. При выращивании в фотохемостате астаксантин накапливается у *Haematococcus pluvialis* в пределах 1-3% на сухое вещество. В условиях культуры *Chlorella zofingiensis* также может накапливать астаксантин.

**Секция 6. "ГЕНОМИКА И ПРОТЕОМИКА КРИПТОГАМОВЫХ"** (4 доклада представленных специалистами из Германии).

Появление этой тематики в рамках проводимого форума – факт, безусловно, важный и полезный. Как известно, наряду с водорослями и высшими растениями в экономике природы играют существенную роль грибы, лишайники и мхи. Однако долгие годы они были объектом изучения в основном ботаников-систематиков. Поэтому в рамках данной секции фактически впервые на современном методическом уровне представлены новые аспекты изучения этих растений.

Gilbert Gott в докладе "Production of biopharmaceuticals in bryophytes" представляет эту группу растений как объект трансгенных мутаций. Оказалось, что в реакторах эти организмы развиваются более продуктивно, чем культура клеток животных. Пока в поле зрения исследователей из бриофитов попал лишь *Physcomitrella patens*. Однако уже первые исследования показали перспективность изучения биологически активных соединений этих растений для биофармацевтических целей.

A. Lucumi, C. Posten в докладе "Improved in vitro culture of the recombinant moss *Physcomitrella patens* in a tubular pilot photobioreactor" излагают результаты успешного культивирования организма в трубчатом фотобиореакторе. При этом, благодаря трансгенным рекомбинациям были получены белки, близкие к продуктам животных клеток. Экспрессные белки важны тем, что они интенсивно нарастают в течение двух недель на минеральных средах (куда для осуществления фотосинтеза подается CO<sub>2</sub>, а также не поражаются вирусами). Организм нормально развивался в 30-литровых пилотных фотобиореакторах при температуре 21 °C и pH среды 5,8.

На основании материалов, представленных на форуме, можно сделать вывод о том, что современная биотехнология успешно развивается не только за счет изучения тончайших механизмов метаболизма растений различного систематического уровня, но и включения в сферу исследований новых представителей растительного мира.

Т.В. Паршикова, Л.А. Сиренко, О.Л. Третьяков