

**12-я Международная конференция, посвященная “цветению” воды, вызываемому вредными водорослями**

(4-8 сентября 2006 г., Копенгаген, Дания)

**12th International Conference on Harmful Algae Bloom (HAB 2006)**

4-8 сентября 2006 г. на базе Университета Копенгагена состоялась 12 международная конференция по “цветению” воды, вызываемому вредными водорослями, организованная Международным обществом по изучению вредных водорослей (International Society for the Study of Harmful Algae, ISSHA), президент Patricia Tester.

В международный оргкомитет входили 12 ведущих специалистов из США, Великобритании, Австралии, Дании, Норвегии, Италии и Китая, а местный возглавил профессор кафедры ботаники Øjvind Moestrup. В конференции участвовали более 530 специалистов из 60 стран, представившие 380 докладов, подготовленных 1240 авторами (в т.ч. шесть докладов из Украины и России).

Широкие обсуждения явлений “красных приливов” и “цветения” воды в прибрежных зонах на международном уровне имеют свою историю. Первая конференция, посвященная изучению “красных приливов” (First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms), состоялась по инициативе группы американских энтузиастов-альгологов в Бостоне (Массачусетс, США) в ноябре 1974 г. Эта и последующие две конференции (Майами, США, 1978 и Сент-Эндрюс (Канада, 1985) были посвящены проблеме “красных приливов”, обусловленных токсичными динофлагеллятами. В дальнейшем встречи специалистов стали проводиться каждые два года и несколько изменили свою специфику. Так, интересы участников четвертой (Лунд, Швеция, 1989), пятой (Ньюпорт, США, 1991), шестой (Нант, Франция, 1993), седьмой (Сендай, Япония, 1995) и восьмой (Виго, Испания, 1997) конференций (International Conferences on Toxic Marine Phytoplankton) значительно расширились, охватив массовые виды цианобактерий и микроводорослей (их насчитывают около 300). Особое внимание уделялось тем их представителям, которые вызывают “красные приливы” и “цветения” воды в прибрежной зоне и продуцируют токсины и биологически активные вещества. Результатом регулярных обсуждений проблем, связанных с токсичными видами и их значением в природе и экономике, стали основание Международного общества по изучению вредных водорослей (1997) и активизация целого блока работ по исследованию цианобактерий и микроводорослей с участием специалистов из многих стран мира. В разные годы в центре внимания общества оказывались “красный прилив” в Новой Англии (США), вызванный *Alexandrium tamarense*, “бурые приливы” в Лонг-Айленде (США), связанные с аэрококкусом, “красные приливы”, вызванные *Pseudo-nitzschia bahamense* в Азиатско-Тихоокеанском регионе, “цветения” воды, вызванные водорослями рода *Gyrodinium* и других планктонных видов (страны Европы), а также *Pseudo-nitzschia* (Канада), *Karenia brevis* (Флорида, США), *Pfiesteria piscicida*, влияние “красных приливов” на марикультуру и качество морепродуктов и т.д. Все исследовательские и организационные мероприятия проводятся при поддержке Межправительственной океанографической комиссии (Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC) ЮНЕСКО и включают не только крупные международные научные форумы (International HAB Conferences), проводимые каждые два года, но и локальные конференции, курсы

© Е.Б. Гольдин, Г.В. Теренько, 2007

обучения (например, в Юго-Восточной Азии и Северной Африке), стажировки, просветительскую деятельность и обмен информацией. Девятая конференция состоялась в Хобарте (Тасмания, Австралия), десятая – в Сент-Питерсберге (Флорида, США), одиннадцатая – в Кейптауне (Южная Африка).

Работу 12 конференции открыл 4 сентября доклад Филиппа Хесса (Phillipp Hess), посвященный новым данным в изучении альготоксина и их поведению в тканях моллюсков. Затем был заслушан доклад Porter Hoagland о глобальном характере “красных приливов”, их растущем распространении и угрозе здоровью и благополучию населения в приморских зонах, о формировании национальной и региональной политики, а также об экономических мероприятиях по преодолению этих явлений. Другие доклады освещали опасность накопления сакситоксинов *P. bahamense* в рыбах (J. Deeds и др.), бреветоксина *K. brevis* в окружающей среде (B. Kirkpatrick и др.) и высокий уровень ущерба, наносимого “красными приливами” марикультуре, рекреации и социально-экономической структуре, была предложена стратегия предотвращения этих приливов (M. Bauer и D. Ayres).

Ежедневно пленарные заседания начинались с докладов, посвященных ключевым проблемам. Работу конференции 5 сентября открыл доклад Эдны Гранели (Edna Graneli) о влиянии роста эксплуатации морских ресурсов и эвтрофикации на структуру пищевых цепей и динамику возбудителей “красных приливов”. Далее последовал доклад Urban Tillmann и др. “Аллелопатическое действие биологически активных веществ, продуцируемых вредными водорослями”. В нем отмечено, что ряд возбудителей “цветения” продуцирует биологически активные вещества (в отличие от известных токсинов), направленные на борьбу с конкурентами и фитофагами, и влияющие на физиологические функции других организмов. Пленарный доклад Bartie Dale 7 сентября был посвящен антропогенному воздействию на водные экосистемы, изменениям в климате и влиянию этих процессов на возбудителей “красных приливов”. Выступление Дэвида Манна (David Mann) показало важность и сложность проблемы концепции вида у микроскопических эукариотов и роль молекулярного “штрих-кодирования” в ее разработке. Экспериментальные данные, приведенные 8 сентября Virginia Armbrust, продемонстрировали новое понимание токсинообразования у диатомей, в частности домоевой кислоты (domoic acid), на основе изучения геномики различных видов, а Robin Raine подчеркнул значение океанографических исследований в изучении “красных приливов”.

Представленные устные (100) и стендовые доклады (около 280) рассматривались в рамках шестнадцати основных направлений конференции по секциям.

1. **Генетика.** В материалах секции были отражены проблемы изучения генетических основ синтеза токсинов у цианобактерий и микроводорослей (R. Kellmann и др.); генетической структуры и разнообразия популяций ряда таксонов в различных частях Мирового океана, в частности *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) (S. Nagai и др.), *Pseudo-nitzschia* (H. Bowers и др., L. Elandaloussi и др.), *Skeletonema* (A. Zingone и др.; A. Godhe; Junrong Liang и др.), *A. tamarense* (T. Alpermann и др.), *Karlodinium veneficum* (T. Bachvaroff); генетических различий между токсичными и нетоксичными популяциями *Nodularia* (B. Luckas и др.).

2. **Геномика.** Рассмотрены проблемы регистрации клеточного стресса у *K. brevis* как показателя окончания “цветения” (F. van Dolah и др.), молекулярной физиологии *Prymnesium parvum*, включая регулирование токсичности и аллелохимической активности (S. Beszteri и др.), разработки геномного подхода для изучения продуцирования домоевой кислоты у *Pseudo-nitzschia* (A. Luedeking и др.) и новых исследований структуры хромосом динофлагеллят (E. Alverca и др.). Многочисленные

работы касались представителей рода *Alexandrium* (J. Hackett и D. Anderson, N. Jaeckisch и др., I. Jung и др.).

3. Общественная политика и здравоохранение. Доклады секции отражали растущее беспокойство распространением токсичных видов, превратившимся в глобальную проблему и создающим угрозу для человека (диарея, амнезия, паралич, случаи гибели), аквакультуры и производства морепродуктов, рыболовства и туризма в прибрежных зонах. Подчеркивались эколого-физиологические, биохимические и фармакологические аспекты явления (S. Grain и др.), была отмечена опасность влияния “красных приливов” на людей на атлантическом (первое место принадлежит Флориде) и тихоокеанском побережьях США (заболевания, смертность, потеря доходов и работы, разрушение инфраструктуры)(C. Adams и др.).

4. Пищевые цепи. Сложная система взаимоотношений, существующая в эвтрофированных водных экосистемах, традиционно привлекает внимание специалистов. Приведенные данные свидетельствуют о многостороннем характере воздействия организмов друг на друга. Так, биологически активные вещества и токсины цианобактерий, включая микроцистин, препятствуют питанию *Daphnia magna*, но вызываемый ими стресс снижается благодаря активности антиокислительных энзимов дафний (C. Wiegand). В других материалах прослежен путь домоевой кислоты, продуцируемой водорослью *Pseudo-nitzschia australis*, по пищевой цепи от микроводорослей до морских млекопитающих (P. Costa и др.), изучено питание копепоид различными видами *Dinophysis* и накопление первыми токсина (S. Sopanen и др.), исследованы экологические механизмы массового развития миксотрофа *K. veneficum*, который благодаря существованию токсичных и нетоксичных штаммов играет в пищевых цепях роль звена между жертвой и хищником (J. Adolf и др.) и передача домоевой кислоты по пищевой цепи через крабов (I. Cheung и M. Silver) и медуз (F. Boisson и др.).

5. Аналитические исследования токсинов. В центре внимания были разработки приемов быстрой идентификации и мониторинга токсинов в морских экосистемах: домоевой кислоты в фитопланктоне (H. Kleivdal и др., A Robertson и др.), йессотоксинов (yessotoxins, YTX) (R. Sekiguchi и др.) и других токсинов (E. Fux и др., E. Turrell и др.) в тканях моллюсков. Большой интерес вызвала работа, выполненная в рамках сети мониторинга фитопланктона и альготоксинов Франции (REPHY) с помощью жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией по исследованию окадаевой кислоты (okadaic acid), йессотоксинов, динофизистоксинов (dinophysistoxins, DTXs), пектенотоксинов (pectenotoxins, PTXs), азаспирацидов (azaspiracids, AZAs), спирилоидов (spiroliodes, SPXs) и гимнодимина (gymnodimine, GYM) (Z. Amzil и др.). Были представлены новые методы идентификации токсинов цианобактерий (P. Holland и др., S. Hiller и др.) и исследования патологии у рыб в “цветущих” прудах (S. Ahmed и др.), палитоксина при “цветении” *Ostreopsis ovata* и заболеваниях людей (P. Ciminiello и др.), бреветоксинов *Karenia* (F. Chang и др.).

6. Популяционная динамика. Овещались проблемы дифференциации смешанных популяций видов, включающих токсичные и нетоксичные формы, и их сезонную динамику: *A. tamarense* и *A. minutum* (N. Touzet и R. Raine), *Microcystis aeruginosa* (M. Yoshida), стартовые факторы и условия “цветений” *A. catenella* (K. Ho) и *A. fundyense* (D. Anderson и др.), образование домоевой кислоты в природных популяциях *Pseudo-nitzschia* (W. Cochlan и др., V. Trainer и др.). Особый интерес вызвали работы по комплексному изучению и моделированию условий “цветения” воды, вызванном водорослью *Gymnodinium catenatum* (S. Blackburn и др.). Сообщалось о значении копепоид, которые питаются водорослями и стимулируют продуцирование PST-токсина (paralytic shellfish toxin) у *A. minutum* в качестве защитного средства (E. Selander и др.); о вирусной инфекции при “цветении” воды,

вызванном водорослью *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyta) (J. Lawtence) и о синтезе антибиотиков бактериями *Silicibacter* sp. в симбиозе с динофлагеллятами (при этом ингибируется рост многих видов морских бактерий (M. Belas); об использовании молекулярных подходов в изучении пространственных изменений природных популяций и межвидовых отношений (K. Соупе и др.); о динамическом моделировании "цветений" цианобактерий в озерах, включая прогнозы проявления токсичности в клетках, воде и осадках (H. Kaas и др.) и о зависимости многолетней динамики роста продуцентов PSP-токсина *G. catenatum* и *A. tamarensis* от условий окружающей среды (S. Méndez и O. Galli).

7. Экология и океанография. Охарактеризованы связи между ростом населения, глобальным потеплением, эвтрофикацией и расширением "цветений" в Мировом океане (P. Glibert и др.), взаимодействие физических и биологических факторов с ростом и поведением массовых видов (*Alexandrium*, *Dinophysis acuminata* и *Pseudo-nitzschia*) (A. Ni Rathaille и др.; B. Reguera и др.), многолетняя динамика доминирующих видов при "красных приливах" в зависимости от муссонов, речного стока, эвтрофикации и других факторов (Danling Tang и др.). В специальных сообщениях речь шла о взаимоотношениях между продуцентами токсинов и фитофагами, влияющими на показатели и распространение "цветений" (W. Sunda и D. Hardison), выявлении нового паразитоида *A. minutum* (A. Chambouvet и L. Guillou). Была представлена энергетическая модель функционирования морской экосистемы и ее влияние на структуру альгосообществ на примере западной части Черного моря (V. Velikova).

8. Токсикология. Представлены работы по токсикологической оценке альгометаболитов в модельных экспериментах на микроорганизмах (M. Martins и др.), растениях (A. Peuthert и S. Pflugmacher), моллюсках (A. Abdallah), дафниях (A. Lobo-da-Cunha и др.), копеподах (M. Karjalainen и др.), насекомых (Е.Б. Гольдин), рыбах (J. Ramsdell и др., M. Bakke и T. Horsberg) и клетках млекопитающих (E. Dias и др.), по исследованию механизма их действия и перспектив использования в биотехнологии (Е.Б. Гольдин, A. Lobo-da-Cunha и др.), по изучению поведения домоевой и оокадаевой кислот (J. Hagström, E. Graneli), нодулярина (S. Pflugmacher и др.), цилиндроспермопина (M. Seifert) в окружающей среде, обнаружение домоевой кислоты в коже и жире малого полосатика, выброшенного на побережье Шотландии в период "цветения" *Pseudo-nitzschia* (L. Stobo и др.).

9. Синтез и химическая структура токсинов. Рассматривались генетические механизмы продуцирования микроцистина и нодулярина и особенности режимов питания, влияющие на этот процесс (H. Root и B. Neilan, A. Roberts и B. Neilan), а также сакситоксина и близких ему соединений (R. Cavalieri и др.), определение структуры карлотоксинов и их биологической роли (A. Plase и др.), генетическая характеристика нетоксичных субклонов, полученных из токсичной клоновой культуры штамма *A. tamarensis* (Y. Cho и др.).

10. Экологическая физиология. Большой интерес вызвали работы по исследованию роста *D. acuminata* в связи с особенностями питания (W. Yih и др.) и отношениями в системе хищник-жертва среди динофлагеллят-возбудителей "красных приливов" (H. Jeong и др.), по распространению и экологии токсичных и нетоксичных штаммов *M. aeruginosa* (C. Gobler и др.), изучению температурного барьера "цветений" динофлагеллят и рафидофитов (T. Smayda), роли хищных динофлагеллят сем. Pfiesteriaceae, питающихся тканями живых рыб, в продуцировании ихтиотоксина в окружающей среде (J. Lovko и W. Vogelbein); миксотрофии у *D. norvegica* в природных сообществах Балтийского моря (W. Carvalho и др.), влиянию на токсичность *P. parvum* растворенного органического вещества из антропогенных источников (E. Lindehoff и E. Graneli).

11. Аллелопатия. Химическое взаимодействие фитопланктона с конкурентами является комплексным, действующим во многих направлениях и представляет собой часть продолжающейся ко-эволюции. В докладах этот процесс рассмотрен на примере роли токсинов цианобактерий в межвидовых взаимоотношениях (M. Vasselikaki и S. Pflugmacher), отношений *P. parvum* с комплексом микропланктона (C. Legrand и T. Bouvier); активности жирнокислотного комплекса *Karenia mikimotoi* (F. Gentien); угнетающего действия бреветоксина по отношению к *S. costatum*, – виду, который, в свою очередь, сдерживает проявление активности токсина (J. Kubanek и др.); спириolid *A. ostenfeldii* (A. Cembella и др.), аллелопатического функционирования пленок альгообращения (J. Leflaive и L. Ten-Hage), активности *A. catenella*, возрастающей в условиях недостатка азота и фосфора (M. Laabig и др.), и действия *Phaeocystis globosa* (Y. Qi и др.), *S. costatum* и *Chaetoceros* (T. Matsubara и др.) на некоторые виды микроводорослей.

12. Таксономия и филогения. Рассмотрены проблемы дифференциации и характеристика видов *Karlodinium* с применением морфологических, молекулярных и физиологических критериев (E. Garcés и др.), *Alexandrium* (S. Fraga и др.), *Gambierdiscus* (M. Chinain и др.) и *Chrysochromulina* (B. Edvardsen), использования генетических методов в идентификации динофлагеллят (R. Litaker и P. Tester), определения видового состава цианобактерий и уровня токсичности в питьевой воде (S. Christensen и др.); генетические и фенотипические различия у рафидофитов (S. Клоерпет и др.).

13. Региональные события. В работе секции значительное место заняли сообщения альгологов из различных стран о “красных приливах” и “цветениях”. Среди них материалы о “цветениях” *Lyngbya majuscula*, вызвавшие у детей кожные заболевания, зуд и проблемы с дыханием (J. Peralta и др.), *Prorocentrum minimum* и *Cochlodinium polykrikoides*, ставших причиной массовой гибели рыб и убытков в аквакультуре (A. Anton и др., R. Azanza), сообщения о распространении *Pseudo-nitzschia* у дальневосточного побережья России (Т.Ю. Орлова), цианобактерий в озерах близ Риги (M. Balode и др.), *Chattonella verruculosa* в проливах Скагеррак и Каттегат (B. Karlson и др.), *Phaeocystis* у берегов Каталонии (L. Arin и др.), *Prorocentrum* на севере Эгейского моря (K. Aligizaki и G. Nikolaidis) и т.д. Многолетние данные позволяют представить динамику этих явлений в разных частях Мирового океана и их зависимость от факторов окружающей среды: обзор “красных приливов” у побережья Мексики (1878-2005) (I. Gárate-Lizárraga и др.), *P. bahamense* у берегов Центральной Америки (E. Meave del Castillo и др.) и в северо-западной части Черного моря у берегов Украины (1995-2005), где проведен анализ изменений видового состава и показан рост числа “красных приливов” с конца 1990-х гг. (Л.М. и Г.В. Теренько), экологический анализ “красных приливов” в акватории моря Бохай (B. Di и др.) и смена сукцессий у восточного побережья Китая из-за кратковременных климатических колебаний (Mingjiang Zhou и др.). Особое внимание было уделено многолетнему опыту организации курсов по обучению поиску токсичных динофлагеллят и токсинов в Юго-Восточной Азии (Y. Fukuyo и R. Azanza). Впервые широко представлены материалы о “красных приливах” во Вьетнаме, Индонезии, Тунисе, Марокко, Нигерии, Сенегале, Камеруне, Танзании, Анголе.

14. Предотвращение “красных приливов”. Наиболее интересными были исследования альгицидного действия бактерий прибрежных экосистем на токсичные виды рафидофит и динофлагеллят (I. Imai и др.), исследования механизма ингибирования роста *Prorocentrum donghaiense* ацетоновым экстрактом корня водного гиацинта (Jie-Sheng Liu и др.), а также уничтожение возбудителей “красных приливов” электрохимическим методом (H. Ogawa) и бицидными веществами для обработки балластной воды (G. Hallegraeff и M. Gregg).

15. **Мониторинг.** В докладах были приведены результаты выполнения европейских проектов ALGADEC и SEED, программы картирования ISSHA HAB-MAP, программы NOAA – MERHAB (Monitoring and Event Response Program for Harmful Algal Blooms), SEPMN (Southeast Phytoplankton Monitoring Network) (на основе данных использования волонтеров после обучения и инструктажа), долгосрочной программы мониторинга в Швеции и т.д. К ним относятся разработки приемов использования иммуно- и биосенсоров для обнаружения и идентификации токсинов и их продуцентов в планктоне, моллюсках и морской воде (G. Doucette и др., S Diercks и др., C. Garnett и др.), усовершенствования инструментальных методов отбора проб (D. Greenfield и др.); сбора информации о фактическом состоянии “цветений” и их прогноз на основе анализа проб воды, показателей регистрирующих приборов и специализированных систем наблюдения (R. Stumpf и M. Tomlinson), включая приемы раннего оповещения (K. Garde и др.), и создания баз данных на основе применения географических информационных систем (K. Steidinger и др.), а также обзор токсичных морских водорослей Южной Америки (R. Akselman и др.) и определение зависимости содержания токсинов у *Dinophysis* от техники отбора проб (M. Johansen и T. Rundberget).

16. **Жизненные циклы.** Материалы авторов секции содержали данные исследований жизненных циклов *Pseudo-nitzschia* (M. Montresor и др., D. d’Alelio и др.), *P. bahamense* (S. Sakamoto и др.), *Protoperidinium steidingerae* (K. Gribble и др.), оценку покоящихся цист *A. minutum* и их роли в возникновении “цветений” (S. Angles и др.).

Специальный день был отведен для пяти специализированных симпозиумов – “Цветение” воды, вызванного вредными водорослями как разрушителями экосистем (1); Здоровье человека и “цветение” воды, вызванное вредными водорослями (2); Таксономия – концепция вида (3); Флокуляция и предотвращение “цветения” воды, вызванного вредными водорослями (4); Токсикология аналогов токсинов (5).

В заключение были заслушаны сообщение профессора Дона Андерсона (США) об основных научных итогах и результатах конференции и принятых решениях и доклад Mingjiang Zhou (Гонконг) о “красных приливах” в водах Китая. Тайным голосованием членов общества (International Society for the Study of Harmful Algae) было определено, что следующие Международные конференции по вредным водорослям состоятся в Гонконге (2008) и на Крите (2010).

к.б.н. Е.Б. Гольдин,

к.б.н. Г.В. Теренько