



УДК-551.463.8:582.26/27

Е. С. Соломонова, м.н.с., А. И. Акимов, н.с.

Институт биологии южных морей им А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь

СООТНОШЕНИЕ МЁРТВОЙ И ЖИВОЙ КОМПОНЕНТЫ ВЗВЕСИ В КУЛЬТУРАХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ РОСТА И ОСВЕЩЁННОСТИ

С помощью проточного цитофлуориметра исследованы компоненты взвеси в культурах планктонных водорослей при различных освещённостях и плотностях. Наряду с клетками водорослей, в культурах присутствует также слабо флуоресцирующая составляющая, частицы которой представляют собой продукт отмирания и лизиса клеток водорослей (ФНВ – фотосинтетически неактивная взесь). При благоприятных условиях роста объёмная доля этой взвеси составляет 1 – 2 % от общей биомассы водорослей для видов, имеющих ригидные кремне- или целлюлозосодержащие оболочки *Phaeodactylum tricorutum* и *Chlorella vulgaris suboblonga*, и не превышает 0.5 % для популяций клеток *Isochrysis galbana*, окружённых цитоплазматической мембраной. В стационарной фазе роста, а также при высоких интенсивностях света доля ФНВ возрастает до 10 – 20 % для *Chlorella vulgaris suboblonga* и *Phaeodactylum tricorutum*. Для водорослей *Synechococcus sp* и *Isochrysis galbana* накопление ФНВ существенно меньше, даже на фоне интенсивного лизиса клеток, что говорит о быстрой дезинтеграции и растворении разрушенных фрагментов клеток. В условиях длительного стационарного состояния повышение доли ФНВ, вероятно, связано с высокой плотностью культуры, а не с дефицитом минерального питания. Размер частиц ФНВ (*Phaeodactylum tricorutum*) варьирует в широких пределах: от величин, превышающих размер самих клеток, до частиц менее 1 мкм³. Доля мелких фракций в общем объёме взвеси максимальна при росте на невысокой освещённости, а при 900 мкЕ м⁻² · с⁻¹ возростала доля частиц объёмом от 10 до 50 мкм³.

Ключевые слова: микроводоросли, взесь, проточная цитометрия, лизис клеток.

Фитопланктон составляет основное звено цепей водных экосистем, поэтому изучение процессов его роста и смертности представляет несомненный интерес. Основные причины потери клеточной жизнеспособности водорослей связаны с выеданием, седиментацией и непосредственной деструкции самих клеток, как в процессе их естественного роста, так и в результате действия факторов окружающей среды [9]. При этом особое место в изучении смертности клеток фитопланктона отводится лизису, понимание процессов которого является фундаментальными в исследовании экологии одноклеточных водорослей. Лизис клеток фитопланктона может быть результатом действия вирусной инфекции [10], а также воздействия на клетки микроводорослей различного рода факторов. Накапливаемое в результате разрушения живых клеток органическое вещество в виде частиц взвеси с малым содержанием хлорофилла в иностранной литературе было определено, как «debris» (обломки, мусор) – частицы с

размерами меньше размеров живых клеток водорослей, с низкой или отсутствующей флуоресценцией [7]. При этом количество, скорость образования и динамика изменения содержания этих частиц могут быть средством исследования функционального состояния популяции микроводорослей в тех или иных условиях.

Целью данной работы являлось изучение количества и динамики изменения объёма фотосинтетически неактивной взвеси (ФНВ) в культурах микроводорослей, её связи с общей концентрацией клеток и световыми условиями.

Материал и методы. Культуры микроводорослей – зелёной *Chlorella vulgaris suboblonga*, диатомовой *Phaeodactylum tricorutum*, примнезиофитовой *Isochrysis galbana* и *Synechococcus sp*. штамм BS 9001 взяты из коллекции отдела экологической физиологии водорослей Института биологии южных морей. Культуры выращивались на среде f/2 в колбах объёмом 200 мл при освещении люминес-

центными лампами ЛДЦ-30. Уровень освещённости измеряли люксметром Ю-116, принимая, что 1 клк = 17 мкЕ м-2 с-1 [4].

Исследование качественного и количественного состава фотосинтетически неактивной взвеси (ФНВ) в культурах водорослей осуществлялось с помощью проточного цитометра Cytomics™ FC 500 (Beckman Coulter, США), оборудованного 488 нм однофазным аргоновым лазером, и программного обеспечения СХР.

Две базовые величины, которые дают приборы проточной цитометрии, – это величина рассеяния (FS), определённым образом связанная с размером частиц, и величина флуоресценции (FL), обусловленная содержанием фотосинтетических пигментов или искусственных красителей в клетках. Протокол измерения прибора позволяет определять количество частиц различных размерных

групп и частиц, находящихся в определенном диапазоне флуоресценции. Это даёт возможность дифференциации клеток водорослей и других взвешенных частиц.

В цитограмме распределения частиц культуры *Ph. tricornutum* каждая точка соответствует регистрируемому событию в координатах рассеяния и красной флуоресценции (рис. 1а). Протокол регистрации также содержит информацию о количестве событий и средних значениях параметров для выделяемых специальным образом областей (рис. 1б и с). Как видно из этих рисунков, исследуемая популяция может быть разделена на две группы частиц: с высоким (область А) и низким (область В) содержанием пигментов, имеющих свою размерную структуру.

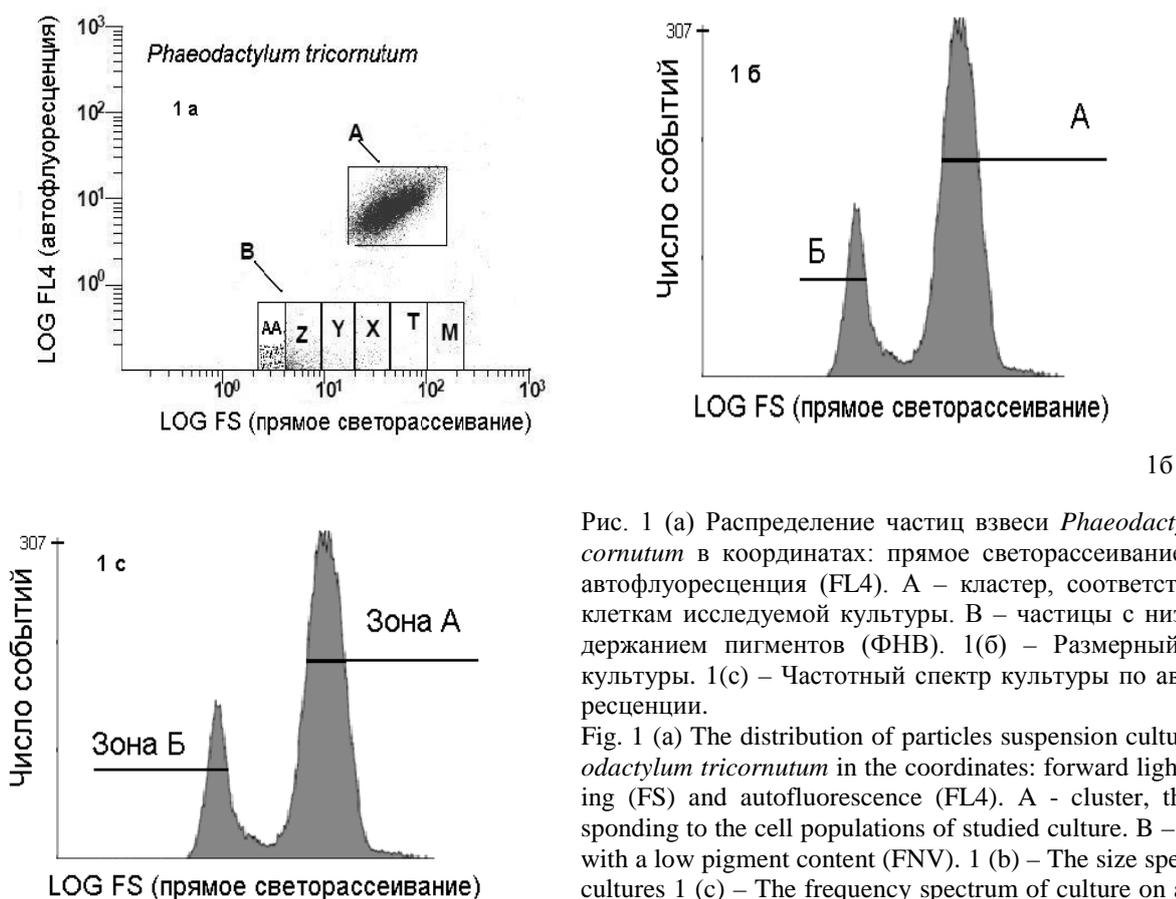


Рис. 1 (а) Распределение частиц взвеси *Phaeodactylum triicornutum* в координатах: прямое светорассеивание (FS) и автофлуоресценция (FL4). А – кластер, соответствующий клеткам исследуемой культуры. В – частицы с низким содержанием пигментов (ФНВ). 1(б) – Размерный спектр культуры. 1(с) – Частотный спектр культуры по автофлуоресценции.

Fig. 1 (a) The distribution of particles suspension culture *Phaeodactylum triicornutum* in the coordinates: forward light scattering (FS) and autofluorescence (FL4). А - cluster, the corresponding to the cell populations of studied culture. В – particles with a low pigment content (FNV). 1 (b) – The size spectrum of cultures 1 (c) – The frequency spectrum of culture on autofluorescence.

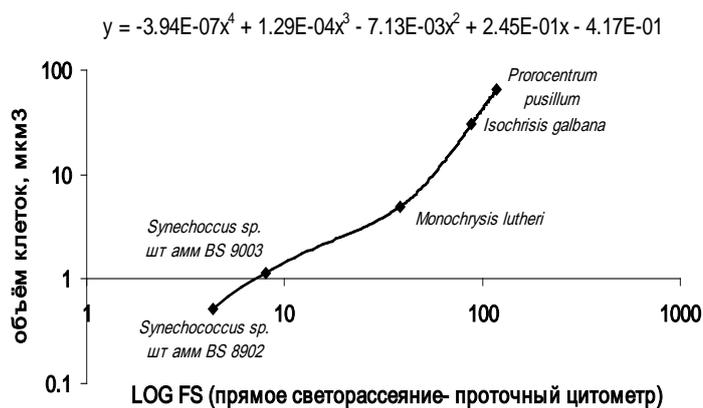
Рис. 2 Зависимость показателя прямого светорассеяния (FS LOG) и размеров клеток микроводорослей

Fig. 2 The dependence of the forward light scattering (FS LOG) and cell size of algae

Полином, описывающий зависимость между размером клеток отдельных видов и прямым рассеянием (рис. 2), использован нами для оценки размеров частиц исследуемой взвеси. Для более точного определения суммарного объёма весь размерный диапазон, в котором наблюдались частицы, был разбит на 6 участков АА, Z, Y, X, T, М (рис. 1а), в каждом из которых измерялся средний размер частиц и их количество. Объём рассчитывался по формуле сферы, где размер частиц рассматривался как диаметр. Сумма этих величин представляла общий объём водорослей и детритных частиц в мкм^3 в 1 мл исследуемой культуры. Таким же образом определяли объём взвеси, содержащейся в используемой культуральной среде (профильтрованная и стерилизованная морская вода), который учитывали как фон. Измеренные суммарные объёмы водорослей и взвеси в мкм^3 принимали за биомассу этих объектов, % ФНВ рассчитывали, как: биомасса ФНВ/биомасса водорослей $\cdot 100$ %.

Результаты и обсуждение. При выращивании водорослей на низкой освещённости, относительная доля ФНВ составляла 1 – 2 % в начальной и экспоненциальной фазах роста. Для обеих культур наблюдалась тенденция к повышению ФНВ по мере увеличения плотности культуры. В стационарной фазе отмечается увеличение доли ФНВ на фоне некоторого снижения численности клеток как для *Ph. tricornutum*, так и для *Ch. vulgaris suboblunga* (рис. 3).

При освещённости $258 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ наблюдается более высокое процентное содержание ФНВ на всех стадиях роста культуры и существенное накопление частиц в поздних стадиях. Интенсивное освещение приводит к повышению метаболической активности клеток и одновременно вызывает возрастание относительной доли разрушенных фрагментов клеток. Мы полагаем, что используемый нами уровень освещения ($258 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) являлся



избыточным для этих видов, что и явилось возможной причиной увеличения смертности водорослей, приводящей к повышению концентрации ФНВ. Показано, что высокий уровень освещённости может ингибировать рост и вызывать гибель клеток, однако такие эффекты наблюдаются при существенно более высоких значениях интенсивности света [14].

В стационарной фазе обеспеченность водорослей элементами минерального питания снижается до уровня, при котором рост клеток останавливается [8]. Другим фактором, влияющим на состояние клеток в стационарной фазе, может являться их чрезмерная плотность, при которой возможны эффекты самоинтоксикации. Известно, что отрицательное влияние на жизнеспособность *Ph. tricornutum* оказывают метаболиты, выделяемые культурой в стационарной фазе роста. Ингибирование роста обнаружено и для других диатомовых водорослей, а также для культур рода *Chlorella* [1].

Нами проведен эксперимент с целью оценки роли этих факторов на величину относительного содержания ФНВ взвеси в культуре *Ph. tricornutum*. Для этой цели прослежена динамика изменения численности клеток и доли ФНВ в культурах водорослей, находящихся в стационарной фазе при высокой концентрации клеток ($13 \cdot 10^6$ кл. мл^{-1}), и тех же водорослей после десятикратного разведения стерильной профильтрованной водой ($1.3 \cdot 10^6$ кл. мл^{-1}) (рис. 4).

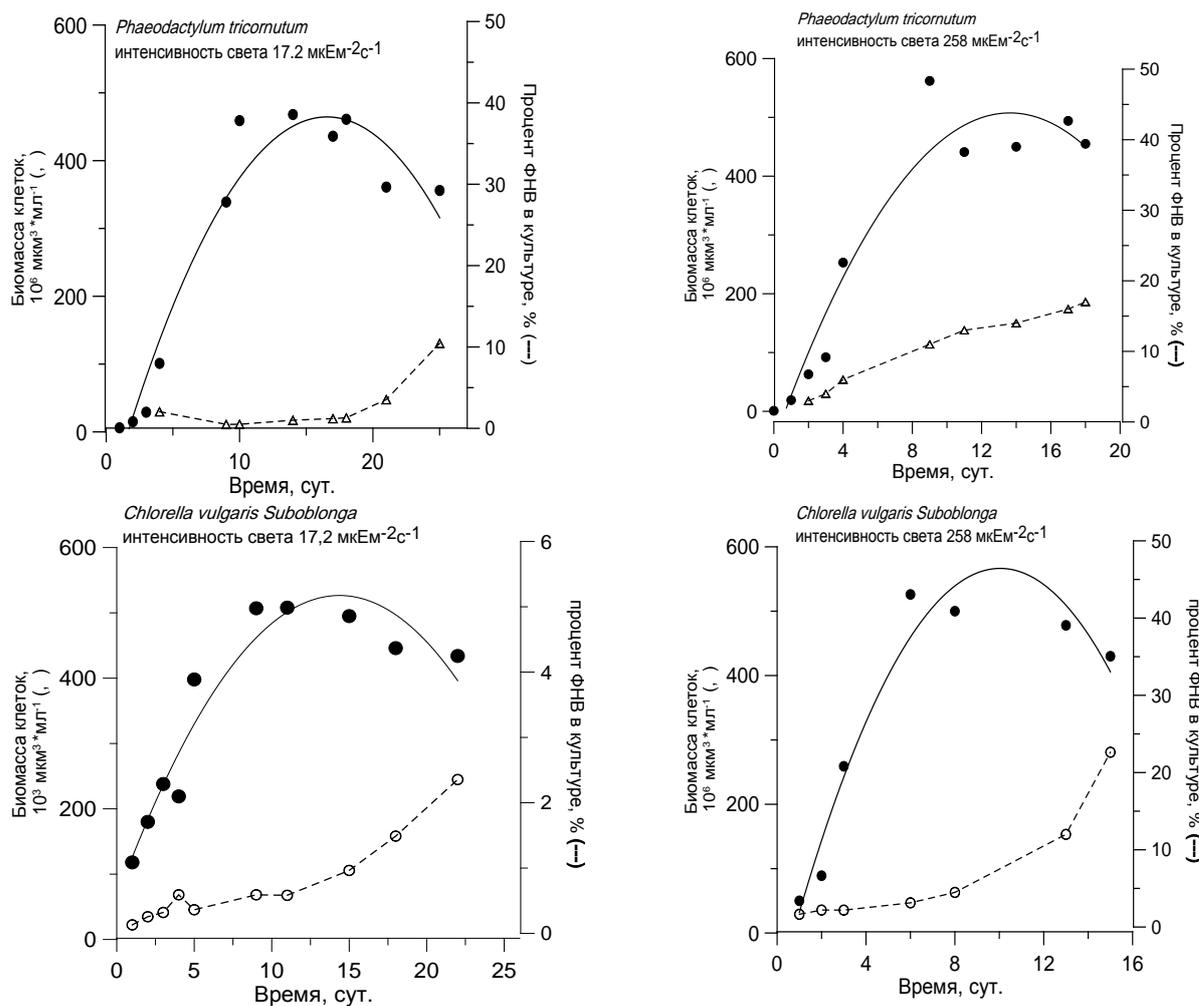


Рис. 3 Динамика биомассы клеток и суммарного объема фотосинтетической неактивной взвеси (ФНВ, %) в процессе роста накопительных культур *Phaeodactylum tricoratum* и *Chlorella vulgaris suboblunga* при двух освещённостях
 Fig. 3 Dynamics of cell biomass and the total volume of photosynthetic non-active suspension (FNV, %) in the growth of batch cultures *Phaeodactylum tricoratum* and *Chlorella vulgaris suboblunga* under two light conditions

В плотной культуре наблюдалась тенденция к снижению концентрации клеток, при этом доля ФНВ возрастала. В разведённой культуре отмечалось некоторое повышение концентрации клеток сразу после разведения и последующая остановка роста. В этом случае доля ФНВ оставалась низкой в течение всего эксперимента (рис. 4а и б). Обращает на себя внимание большой диапазон распределения событий, как по размерам, так и по флуоресценции для густой культуры *Ph. tricoratum*, по сравнению с разведённой. Высокая вариабельность этих величин в зоне А, которая соответствует непосредственно клеткам водорослей и,

возможно, их крупным обломкам, сохранившим фотосинтетические пигменты, указывает на большую физиологическую неоднородность популяции и косвенным образом свидетельствует об ухудшении состояния водорослей. Так, в литературе подобное расширение области распределения частиц сопутствовало возрастанию количества мёртвых и малоактивных клеток в популяции [5]. Полученные нами данные в определённой степени подтверждают тот тезис, что плотностной фактор имеет негативное значение для водорослей, безотносительно к дефициту минерального питания.

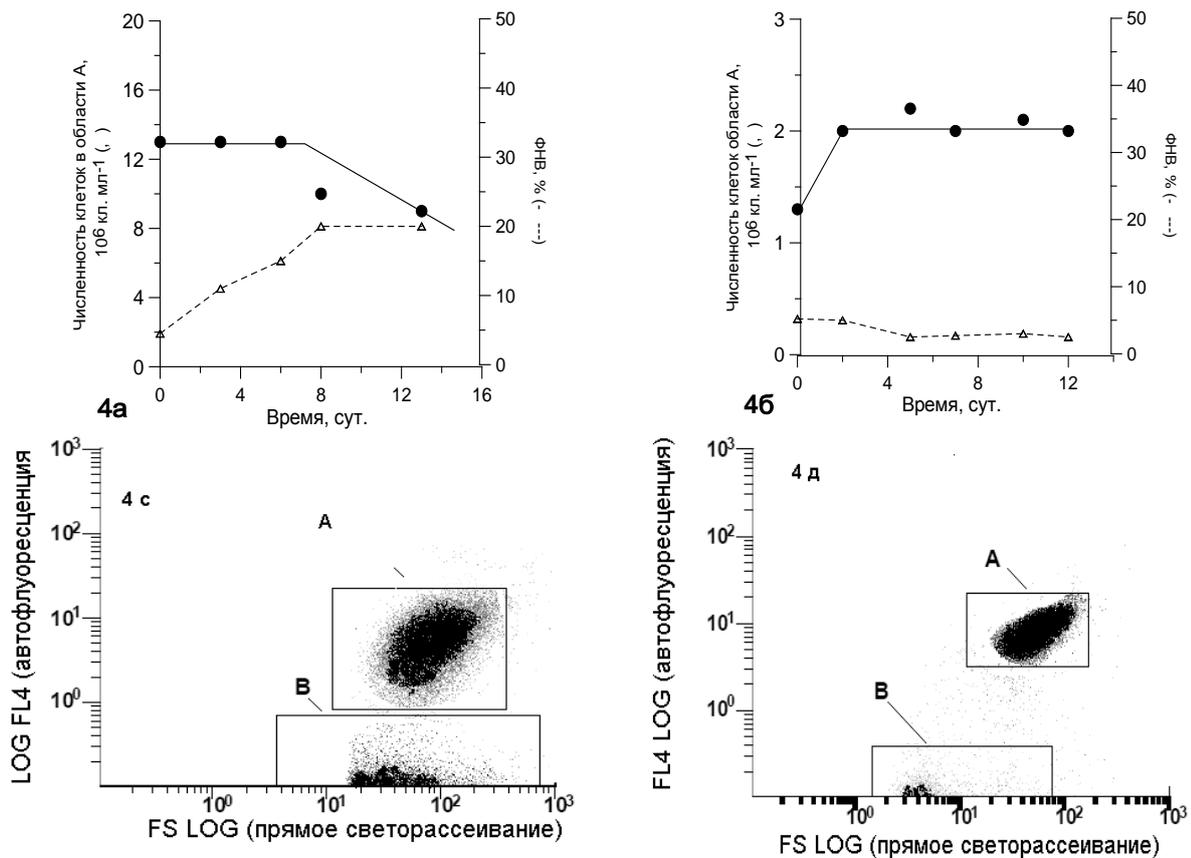


Рис. 4 Динамика численности клеток водорослей и относительного содержания объема ФНВ для стационарного состояния в плотной и разведённой культурах *Phaeodactylum tricornutum* (3а и 3б соответственно), 3с, 3д– цитогаммы распределения частиц для этих культур на 8 сутки
 Fig. 4 Dynamics of cells abundance and the relative content of FNV volume for the stationary state in a dense and dilute cultures *Phaeodactylum tricornutum* (3a and 3b, respectively), 3c, 3d, cytogram of particle distribution for these cultures in 8 days

В природных условиях водоросли зачастую подвергаются действию высокой освещённости, соизмеримой с уровнем прямого солнечного света (800 – 1000 мкЕ м⁻² · с⁻¹). Это может происходить на мелководье или при обитании в поверхностной плёнке.

Нами проведено исследование действия 24-часовой экспозиции при освещённости 900 мкЕ м⁻² · с⁻¹ после адаптации водорослей к 20 мкЕ м⁻² · с⁻¹. Исследования проводили на диатомовой *Ph. tricornutum*, примнезиофитовой *I. galbana* и одном виде сине-зелёных (черноморский вид цианобактерий – *Synechococcus* sp. штамм BS 9001).

Действие света 900 мкЕ м⁻² · с⁻¹ во всех случаях приводило к ингибированию роста клеток и возрастанию доли ФНВ, однако сте-

пень воздействия различается для отдельных видов (рис. 5.) Так, у *Ph. tricornutum* наблюдается уменьшение скорости прироста биомассы клеток при экспозиции на высоком свете, а доля ФНВ возрастает до 25 % относительно общей биомассы клеток в течение суток. У *I. galbana* и *Synechococcus* sp. наблюдалась убыль суммарного объёма клеток водорослей, а доля ФНВ также возрастала. Важно отметить, что уменьшение клеточного объёма и прироста объёма ФНВ частиц несоизмеримы по величине. Так, для *I. galbana* наблюдается практически полный лизис клеток и уменьшение плотности биомассы на 20 мкм³ мл⁻¹; объём ФНВ при этом увеличился почти в 3 раза (от 0.1·10⁶ до 0.22·10⁶ мкм³), однако это изменение составило 1 % от изменения плотности водорослей.

Synechococcus sp. в этом отношении занимает промежуточное положение: убыль клеточной компоненты была равна 6 мкм^3 , а прирост объ-

ёма ФНВ за сутки составлял порядка 15 % от этой величины.

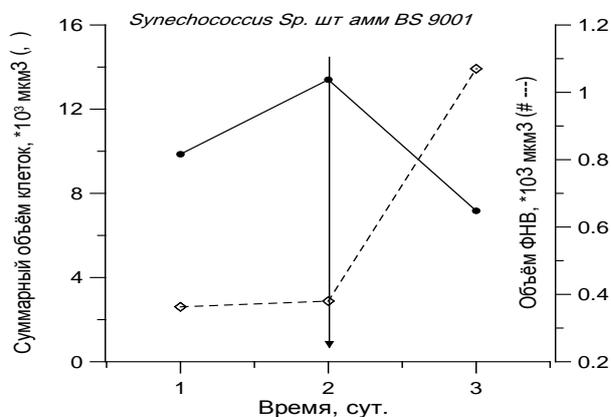
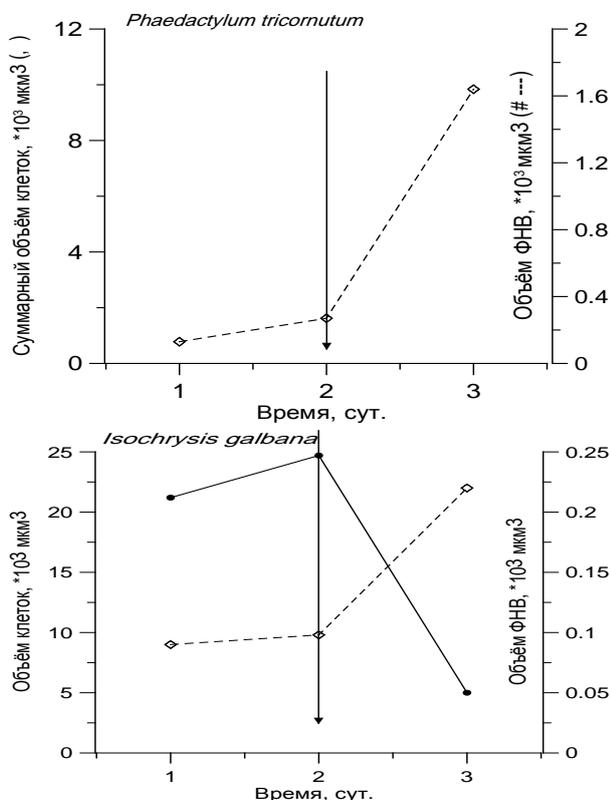


Рис. 5 Динамика суммарного объёма клеток трех видов водорослей и объёма частиц ФНВ при изменении световых условий с $20 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (1-2 сутки) на $900 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (2-3 сутки). Стрелкой обозначено начало изменения световых условий

Fig. 5 Dynamics of the total volume of the three algae species and the volume of particles FNV at the light conditions changing with $20 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (1-2 days) to $900 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (2-3 days). Arrow indicate the beginning of light conditions change

Индукцируемое светом ингибирование роста водорослей и лизис клеток показывает различную устойчивость исследованных видов к экстремальной освещённости. В то же время, для них характерна различная степень накопления разрушенных компонент клеток. Накопление ФНВ является следствием лизиса и разрушения клеток с одной стороны, и последующей дезинтеграции, и растворения с другой. Оба этих процесса в значительной степени связаны с морфологическими особенностями клеток исследуемых видов микроводорослей, и в особенности строения их внешних оболочек. Так *Ph. tricornutum* и *Ch. vulgaris suboblonga* характеризуются наличием жёстких структур в составе клеточных оболочек: кремнеземная оболочка, называемая «панцирем» - для *Phaeodactylum tricornutum* [2] и целлюлозоподобная структура, входящая в состав клеточной оболочки – для *Ch. vulgaris suboblonga* [13]. Лизис клеток этих видов приводит к образованию и

накоплению клеточных фрагментов относительно устойчивых к разложению и дезинтеграции. У клеток водорослей *I. galbana* отсутствует клеточная оболочка, окружающая цитоплазматическую мембрану, поэтому в условиях лизиса плазмалемма составляет незначительную часть общего вещества в клетке [11]. Суммарное содержание бесхлорофилльных частиц для этого вида не превышает 0.5 %. Лизис, в результате действия светового фактора, привел к возрастанию этой величины до 2 % от исходной концентрации клеток. Можно предположить, что лизис клеток сопровождался растворением и быстрой дезинтеграцией плазмалеммы и других мембранных структур клетки, до фрагментов нерегистрируемых цитофлуориметром. Наблюдается также быстрое обесцвечивание фотосинтетических пигментов, которое связано, по – видимому, с разрушением хлоропластов, как целостных структур.

Скорость перехода взвешенного органического вещества в растворенное и бактериальная минерализация являются важными процессами трансформации вещества и энергии в морских экосистемах.

Показано, что лизис клеток происходит в течение 2 – 3 ч [3], при этом 50-процентная бактериальная минерализация растворённой органики имеет порядок десятка часов, а минерализация взвешенного вещества (50 %) – не-

сколько суток для детрита, полученного из различных видов водорослей [12].

Рассчитано процентное соотношение вкладов частиц ФНВ различных размерных групп (AA, Z, X, Y, T, M) (см. рис. 1) в общей биомассе взвеси для культуры *Ph. tricornutum*, растущей на низком свете и после суточной экспозиции на интенсивности света $900 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 6). Верхняя граница размеров ФНВ частиц соответствует среднему размеру клеток данной популяции.

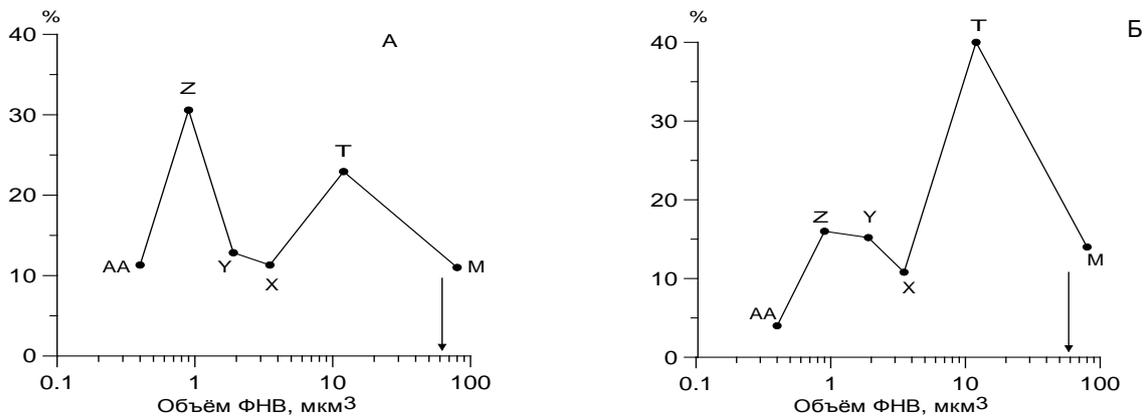


Рис. 6 Процентное соотношение вклада частиц ФНВ различных размерных групп (AA, Z, X, Y, T, M) (см. рис. 1) в общей биомассе взвеси для культуры *Phaeodactylum tricornutum*, растущей на низком свете (а) и после суточной экспозиции на интенсивности света $900 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (б). Стрелкой обозначен средний размер культуры *Phaeodactylum tricornutum*.

Fig. 6 Percentage contribution of particles of different size groups of FNV (AA, Z, X, Y, T, M) (see fig. 1) for culture *Phaeodactylum tricornutum*, growing in low light (6a) and after daily exposure to light intensity $900 \text{ мкЕ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (6b). Arrows indicate the average size of culture *Phaeodactylum tricornutum*

Присутствует также незначительное количество частиц большого размера, которые могут быть следствием агрегации более мелких. Максимальный объём взвеси культуры, растущей при умеренной освещённости, приходится на мелкие фракции клеток, объёмом меньше 1 мкм^3 . Быстрое повышение общего содержания ФНВ у *Ph. tricornutum* в условиях экстремальных освещённостей приводит к изменению размерного состава этой взвеси. При сравнении рис. 6а и 6б можно отметить повышение доли крупных частиц после суточной экспозиции на высокой освещённости, что свидетельствует об определённой последовательности процесса разрушения клеточного вещества.

Заключение. В культурах водорослей присутствует компонента, частицы которой являются продуктом лизиса клеток и последующей дезинтеграции клеточных структур. Относительная доля этой взвеси для водорослей, растущих в благоприятных условиях, при невысокой освещённости, зависит от вида водорослей и структуры их клеточных оболочек. Для клеток с жёсткими целлюлозоподобными (*Ch. vulgaris suboblunga*) и кремниевыми (*Ph. tricornutum*) оболочечными структурами эта величина составляет 1 – 2 % от объёма всей клеточной биомассы, для клеток, окружённых только цитоплазматической мембраной не превышает 0.5%.

Структура клеточных оболочек определяет и скорость последующего растворения и минерализации клеточных компонент. Так для *Is. galbana* и *Synechococcus* sp. наблюдается быстрое растворение клеточных фрагментов после лизиса клеток в условиях стрессового светового воздействия, в то время как для *Ch. vulgaris suboblonga* и *Ph. tricornutum* отмечается существенное накопление органической взвеси при депрессии скорости роста. Увеличению доли частиц ФНВ способствует переход культуры в стационарную фазу роста и повыше-

ние уровня освещённости. При освещённости 900 мкЕ м⁻² · с⁻¹ наблюдается ингибирование роста *Ph. tricornutum* и интенсивный лизис клеток *Is. galbana* и *Synechococcus* sp., что сопровождается ростом количества ФНВ.

В условиях стационарной фазы роста повышенная смертность водорослей *Ph. tricornutum* и увеличение доли ФНВ в большей степени вызывается факторами, связанными с чрезмерной плотностью культуры, чем дефицитом минерального питания.

1. Айздайчер Н. А. Жизнеспособность морских микроводорослей в зависимости от условий хранения: автореф. дисс...канд. биол. наук. – Владивосток, 1987. – 19 с.
2. Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. Водоросли. Справочник. – К.: Наук. думка, 1989. – 608 с.
3. Марушкина Е. В. Исследование состояния популяции водоросли *Scenedesmus quadricauda* в норме и при интоксикации методом микрокультур: автореф. дисс...канд. биол. наук. – М., 2005. – 21 с.
4. Парсонс Т. Р., Такахаши М., Харгрейв Б. Биологическая океанография. – М.: Легкая промышленность, 1982. – 432 с
5. Соломонова Е. С., Муханов В. С. Оценка доли физиологически активных клеток в накопительных культурах *Phaeodactylum tricornutum* и *Nitzschia* sp. с помощью проточной цитометрии // Морск. экол. журн. – 2011. – **10**. – С. 67 – 72.
6. Ackleson S. G., Spinrad R. W. Size and refractive index of individual marine particulates: a flow cytometric approach // Applied Optic. – 1988. – **27**. – P. 1970-1977.
7. Carvalho W. F., Graneli E. D. Contribution of phagotrophy versus autotrophy to *Prymnesium parvum* growth under nitrogen and phosphorus sufficiency and deficiency // Harmful Algae. – 2006. – **10**. – P. 105–115.
8. Falkowski G. P., Berges J.A. Physiological stress and cell death in marine phytoplankton: Induction of proteases in response to nitrogen or light limitation // Limnol. Oceanogr. – 1998. – **43**. – P. 129-135.
9. Franklin D. J., Brussaard C. P. D., Berges J. A. What is the role and nature of programmed cell death in phytoplankton ecology ? // Eur. J. Phycol. – 2006. – **41**. – P. 1 – 14.
10. Lawrence J. E., Brussaard C. P. D., Suttle C. A. Virus-specific responses of *Heterosigma akashiwo* to infection // Environmental Microbiology. – 2006. – **29**. – P. 7829 – 7834.
11. Liu Ch C. A. -P., Lin L.-P. Ultrastructural study and lipid formation of *Isochrysis* sp. // Bot. Bull. Acad. Sin.. – 2001. – **42**. – P. 207 – 214.
12. Newell R. C., Lucas M. I., Linley E. A. S. Rate of degradation and efficiency of conversion of phytoplankton debris by marine microorganisms // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1981. – **271**. – P. 123 – 126.
13. Northcote D. H., Gouldingr K. J. The chemical composition and structure of the cell wall of *Chlorella pyrenoidosa* // Mar Biol. – 1958. – **70**. – P. 391–397.
14. Powles S. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light // Annual Review of Plant Physiology. – 1984. – **35**. – P. 15 – 44.

Поступила 07 сентября 2012 г.

После доработки 06 сентября 2013 г.

В окончательном виде 15 января 2014 г.

Співвідношення живої та мертвої компоненти суспензії в культурі микроводоростей залежно від стадії росту і при різному освітленні. К. С. Соломонова, А. І. Акімов. За допомогою проточного цитофлуориметра були досліджені компоненти суспензії в культурах планктонних водоростей, які перебувають при різних освітленнях і щільностях. Поряд з клітинами водоростей, в культурах присутня також слабо флуоресцируюча складова, частки якої представляють собою продукт відмирання і лізису клітин водоростей (ФНС - фотосинтетичних неактивна суспензія). При сприятливих умовах росту об'ємна частка цієї суспензії становить 1 – 2 % від загальної біомаси водоростей для видів, які мають жорсткі оболонки з кремнію та целюлози (*Phaeodactylum tricornutum* і *Chlorella vulgaris suboblonga*), і не перевищує 0.5 % для популяції клітин

Isochrysis galbana, оточених цитоплазматичної мембраною. У стаціонарній фазі росту, а також при високій інтенсивності світла, частка ФНС зростає до 10 – 20 % для *Chlorella vulgaris suboblonga* і *Phaeodactylum tricorutum*. Для водоростей *Synechococcus* sp. і *Isochrysis galbana* накопичення ФНВ істотно менше, навіть на тлі інтенсивного лізису клітин. Це свідчить про швидку дезінтеграцію і розчинення зруйнованих фрагментів клітин. Показано, що в умовах тривалого стаціонарного стану, підвищення частки ФНС, ймовірно, пов'язано з високою щільністю культури, а не з дефіцитом мінерального живлення. Розмір частинок ФНС (*Phaeodactylum tricorutum*) варіює в широких межах: від величин, що перевищують розмір самих клітин до частинок менше 1 мкм³. Частка дрібних фракцій у загальному обсязі суспензії була максимальна при рості в умовах невисокої освітленості, а при 900 мкЕ м⁻² · с⁻¹ зростала частка частинок об'ємом від 10 до 50 мкм³.

Ключові слова: микроводорості, суспензія, проточна цитометрія, лізис клітин.

Relation of live and dead components of suspension in some microalgae' cultures in dependence on growth stage and different illumination. E. S. Solomonova, A. I. Akimov. The suspensions have been studied in cultures of planktonic algae, at the different light and densities, using flow cytometry. The weakly fluorescing component along with algae cells is also present in cultures, the particles of which are the product of dying algae and cells lysis (PIS - photosynthetically inactive suspension). The volume fraction of this particulate matter under favorable growth conditions is 1 – 2 % of the total biomass of algae species with rigid silicon - or cellulose membrane (*Phaeodactylum tricorutum* and *Chlorella vulgaris suboblonga*), and does not exceed 0.5 % of the populations of cells *Isochrysis galbana*, surrounded by the cytoplasmic membrane. In the stationary phase of growth, as well as at high light intensities, the percentage of PIS is increased to 10 – 20 % for *Chlorella vulgaris suboblonga* and *Phaeodactylum tricorutum*. For *Synechococcus* sp. and *Isochrysis galbana* accumulation of PIS is much less, even with intensive cell lysis that indicating about rapid disintegration and dissolution of fragments cells destroyed. Increasing of PIS share is shown in the long-term steady-state, probably due to the high density culture, and don not with the deficit of mineral nutrition. The particle size of PIS (*Phaeodactylum tricorutum*) varies widely, from a value exceeding the size of the cells themselves to particles of less than 1 mkm³. The part of small faction in the total volume of particulate matter was maximal with the growth at low light, while at 900 мкЕ·м⁻²·с⁻¹ was increased the part of fractions with volume from 10 to 50 mkm³.

Keywords: microalgae, suspension, flow cytometry, cell lysis.