



УДК 582.26./27:581.1

Н. Ю. Шоман, аспир., А. И. Акимов, н. с.

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

ДЕЙСТВИЕ СВЕТА И ТЕМПЕРАТУРЫ НА УДЕЛЬНУЮ СКОРОСТЬ РОСТА ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ *PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM* И *NITZSCHIA* SP. № 3

Исследовано совместное действие света и температуры на удельную скорость роста диатомовых водорослей *Phaeodactylum tricornutum* (Bohlin, 1897) и *Nitzschia* sp. № 3 в широком диапазоне освещённости и температуры. Начальный угол наклона (α) световой зависимости удельной скорости роста (μ) не зависит от температуры в диапазоне 5 – 20°C. Температура 25°C вызывает снижение как (α), так и (μ) у обоих видов. Коэффициент Q_{10} восходящего участка температурной зависимости в области насыщающей интенсивности света находится в пределах 1.7 – 2.4. Совместное действие света и температуры проявляется на участке светового ингибирования роста. Понижение температуры приводит к сужению границ светового плато и увеличению степени светового ингибирования.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, удельная скорость роста, эффективность роста, свет, температура

Одной из основополагающих характеристик фитопланктона, оказывающих существенное влияние на пространственно-временную изменчивость его биомассы и продукции в экосистемах, является скорость роста [2]. В природных условиях на рост водорослей влияет целый комплекс факторов среды, таких как свет, температура, обеспеченность биогенными элементами. При этом нередко при изменении действия одного из них изменяется действие другого. К настоящему времени накоплен обширный материал по влиянию на рост многих видов водорослей, как условий освещения, так и температуры [5, 7, 8, 10, 11], однако степень и механизм их взаимодействия изучены недостаточно. Светотемпературные зависимости скорости роста позволяют оценить характер работы фотохимических систем и ферментативного аппарата клеток и являются важным инструментом для моделирования и понимания динамики развития фитопланктона.

Цель работы заключалась в исследовании совместного действия света и температуры на скорость роста двух видов диатомовых водорослей – *Phaeodactylum tricornutum* и *Nitzschia* sp. № 3¹. Вы-

бор видов обусловлен их высокой устойчивостью к изменению факторов внешней среды и способностью сохранять функциональную активность в широком диапазоне освещённости и температуры.

Материал и методы. Объектом исследования служили альгологически чистые культуры диатомовых водорослей *Phaeodactylum tricornutum* и *Nitzschia* sp. № 3 из коллекции отдела экологической физиологии водорослей ИнБИОМ НАНУ.

До начала эксперимента в течение 3 сут обе исходные культуры водорослей предварительно адаптировали к исследуемой температуре при непрерывном освещении интенсивностью 35 мкЕ·м⁻²·с⁻¹. Для создания необходимых температурных условий использовали термостатированный бокс с регулируемой температурой. После чего исходные культуры отдельно друг от друга переносили в склянки объемом 25 мл (в двух повторностях для каждой освещённости) и помещали на световую решетку. Световая решетка представляет собой закрытую конструкцию с отдельными ячейками для склянок и независимым источником освещения для каждой из них. Освещение инкубационных склянок осуществлялось снизу. Различная освещённость создавалась с помощью сетчатых фильтров, помещаемых между светодиодом и склянкой. Уровень освещённости определяли внутри склянок зондирующим 4П датчиком квантометра QSL 2101.

¹ Выделен из планктона Чёрного моря и классифицирован А. И. Прошкиной-Лавренко в 1955 г. [1]. Отличается от известных видов *Nitzschia* мелкими размерами (длина 17 – 20, ширина 2 – 2.5 мкм) и веретенообразной формой с широко закруглёнными концами.

В ходе экспериментов водоросли выращивали на питательной среде F/2 при интенсивности света 4, 14, 25, 42, 85, 225, 430, 600, 900 и 1250 мкЕ·м⁻²·с⁻¹ и температуре 5, 10, 20 и 25°С. Адаптация водорослей к каждой освещённости проводилась в течение 3 сут, при этом плотность культур поддерживалась на одном уровне в экспоненциальной фазе роста. После чего адаптированные к свету и температуре пробы разбавляли свежей питательной средой до низкой плотности и выращивали в накопительном режиме. Определение удельной скорости роста проводили по изменению концентрации углерода в пробах на участке экспоненци-

ального роста водорослей. Исходные значения содержания органического углерода в пробах определяли на CHN-анализаторе [12]. Во всех экспериментах начальная концентрация углерода в пробах варьировала от 1 до 1.2 мг·л⁻¹. Происходящие в ходе опытов изменения концентрации углерода отслеживали путём измерения оптической плотности суспензий клеток на длине волны 750 нм в 10-сантиметровой цилиндрической кювете (V = 10 мм³) на спектрофотометре СФ-26. Для каждого вида водорослей производили калибровку значений оптической плотности и содержания углерода, измеренного на CHN-анализаторе (рис. 1).

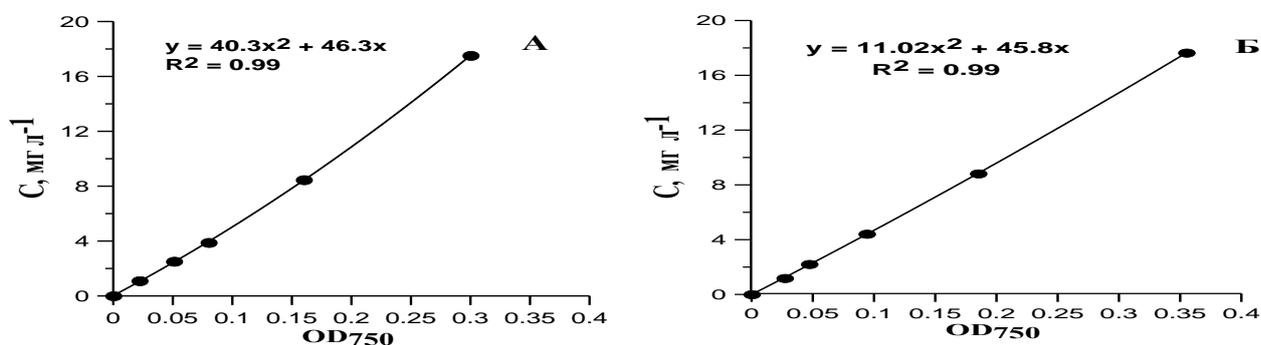


Рис. 1 Зависимость между концентрацией углерода в пробе и оптической плотностью суспензии клеток на длине волны 750 нм для *P. tricornutum* (А) и *Nitzschia* sp. № 3 (Б)
 Fig. 1 Relationship between the concentration of carbon in the sample and the optical density of cell suspension at a wavelength of 750 nm for *P. tricornutum* (A) and *Nitzschia* sp. № 3 (B)

Точность метода была определена путём многократного повторения процедуры измерения плотности водорослей известной концентрации и последующей статистической обработке полученных результатов. Величина стандартного отклонения измерения содержания углерода не превышала 0.05 мг·л⁻¹.

Удельную скорость роста микроводорослей рассчитывали по приросту углерода в пробах по уравнению [2]:

$$\mu = \frac{\ln C_t - \ln C_0}{t} \quad (1)$$

где: μ – удельная скорость роста, сут⁻¹; C_0 и C_t – исходная концентрация углерода и его количество через время t , мг·л⁻¹; t – время между измерениями в сутках.

Для математического описания полученных данных использовали уравнение [7]:

$$\mu = \frac{\mu_{\max}}{2} * \tanh\left(\frac{\alpha I}{\mu_{\max}}\right) * \left\{1 - \frac{I - I_b}{[(I - I_b)^8 + I_t^8]^{1/8}}\right\}, \quad (2)$$

где μ – удельная скорость роста водорослей при интенсивности света I , сут⁻¹; μ_{\max} – максимальная удельная скорость роста, сут⁻¹; α – начальный угол наклона кривой светозависимого роста, μ/I ; I_t – интенсивность света, выше которой наблюдается ингибирование роста водорослей, мкЕ·м⁻²·с⁻¹; I_b – интенсивность света, при которой μ составит 37 % от μ_{\max} в области ингибирующих интенсивностей света, мкЕ·м⁻²·с⁻¹.

Используя полученный из уравнения (2) коэффициент I_b , рассчитывали степень светового ингибирования (β) – параметр, описывающий снижение удельной скорости роста при изменении интенсивности света на 1 мкЕ·м⁻²·с⁻¹, $\beta = \mu_{\max}/I_b$ [7].

Результаты. В экспериментах с *P. tri-cornutum* при повышении температуры от 5 до 20°C начальный угол наклона кривых роста (α) не изменялся и составлял в среднем 0.024 ± 0.007 (табл. 1). Такие же результаты получены и при работе с *Nitzschia* sp. № 3, где этот пока-

затель в температурном диапазоне 10 – 20°C был равен 0.023 ± 0.007 . Температурная зависимость скорости роста начинала проявляться при значениях освещённости, превышающих $14 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 2).

Табл. 1 Основные параметры, описывающие зависимость удельной скорости роста *P. tri-cornutum* и *Nitzschia* sp. № 3 от света и температуры
Table 1 The main parameters describing the dependence of specific growth rate *P. tri-cornutum* and *Nitzschia* sp. № 3 from light and temperature

T, °C	α , μ/I	I_{\min} , $\text{мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	μ_{\max} , сут^{-1}	I_k , $\text{мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	I_t , $\text{мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	I_b , $\text{мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	β , μ/I
<i>Phaeodactylum tri-cornutum</i>							
5	0.024 ± 0.007	-	0.47	25	80	188	0.0025
10	0.025 ± 0.007	< 1.0	0.72	40	250	720	0.001
20	0.025 ± 0.007	-	1.38	80	850	1725	0.0008
25	0.017 ± 0.007	< 2.0	0.46	66	150	230	0.002
<i>Nitzschia</i> sp. № 3							
5	0.012 ± 0.007	-	0.59	49	85	200	0.003
10	0.022 ± 0.007	< 1.0	0.77	33	230	430	0.0018
20	0.024 ± 0.007	-	1.90	83	600	3800	0.0005
25	0.011 ± 0.007	< 2.0	0.55	46	-	-	0

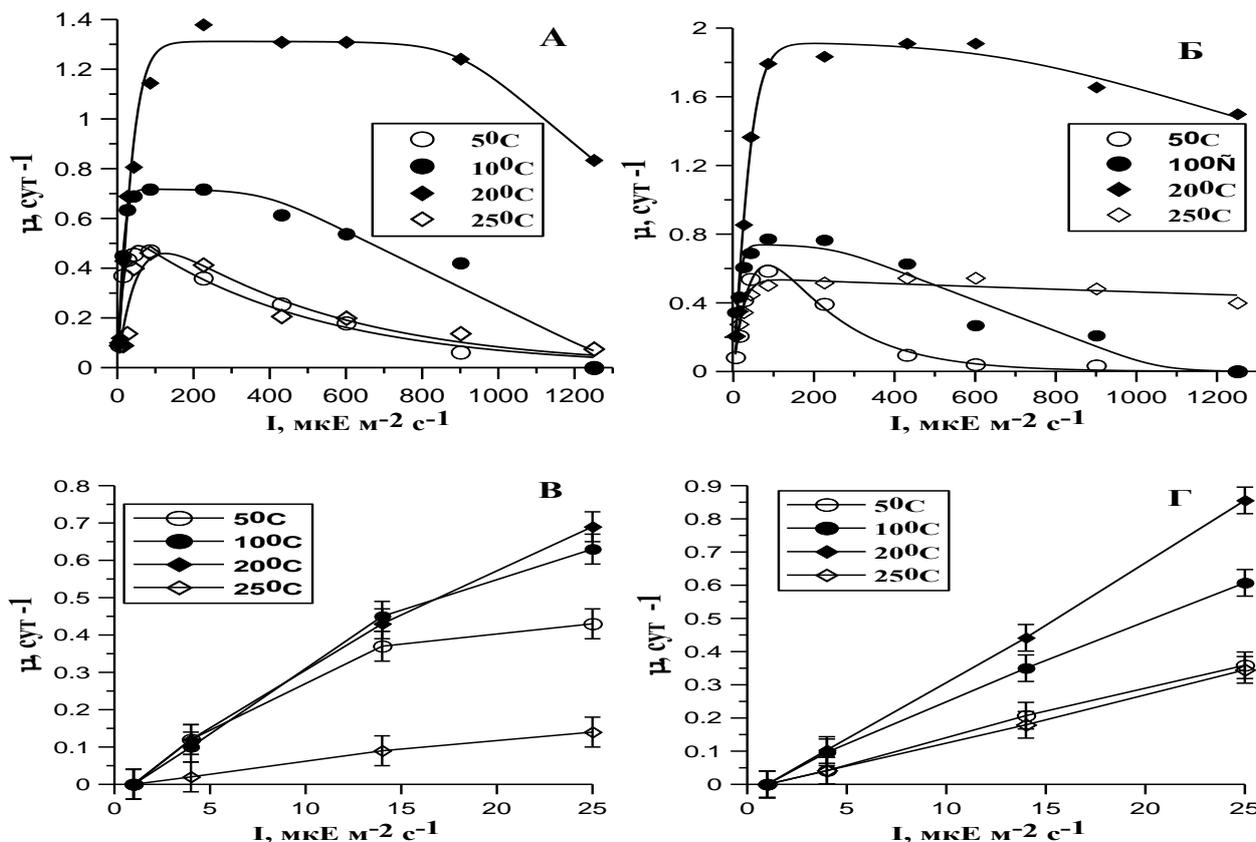


Рис. 2 Действие света и температуры на скорость роста *P. tri-cornutum* (А, В) и *Nitzschia* sp. № 3 (Б, Г)
Точками обозначены экспериментальные данные, линиями – их математическое описание уравнением (2).
Fig. 2 Effect of light and temperature on growth rate of *P. tri-cornutum* (A, B) and *Nitzschia* sp. № 3 (B, Г)

При повышении температуры от 20 до 25°C эффективность роста как у *P. tricornutum*, так и у *Nitzschia* sp. № 3 снижалась до 0.011 – 0.017. Культивирование *Nitzschia* sp. № 3 при температуре 5°C также приводило к снижению угла наклона до 0.012.

Минимальная интенсивность света, при которой наблюдался рост как у *P. tricornutum*, так и у *Nitzschia* sp. № 3 (I_{min}), была равна примерно $1 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 10°C и повышалась до $2 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 25°C. Важный показатель зависимости скорости роста от освещённости – насыщающая рост водорослей интенсивность света (I_k). В экспериментах с *P. tricornutum* при повышении температуры от 5 до 20°C наблюдалось увеличение значений I_k от 25 до 80 $\text{мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. В опытах с *Nitzschia* sp. № 3 увеличение показателя I_k отмечалось в диапазоне температур от 10 до 20°C и изменялось от 33 до 83 $\text{мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Значения I_k при 5 и 25°C (с математической точки зрения) определялись совместным изменением, как угла наклона, так и максимальной скорости роста.

При повышении интенсивности света выше I_k удельная скорость роста водорослей достигала максимальных значений и поддерживала их на одном уровне в определённом диапазоне освещённости. При этом максимальная скорость роста обоих видов диатомей повышалась от минимальных значений ($0.5 - 0.6 \text{ сут}^{-1}$), наблюдаемых при 5°C, до 1.4 и 1.9 сут^{-1} при 20°C у *P. tricornutum* и *Nitzschia* sp. № 3 соответственно (рис. 3).

Используя полученные экспериментальные данные, нами рассчитан температурный коэффициент Q_{10} [5]. В диапазоне температур от 5 до 10°C значение Q_{10} составляло 2.3 для *P. tricornutum* и 1.7 для *Nitzschia* sp. № 3. При повышении температуры от 10 до 20°C скорость роста *P. tricornutum* увеличивалась в 2 раза, а *Nitzschia* sp. № 3 – в 2.4 раза. Дальнейший рост температуры до 25°C приводил к быстрому ингибированию роста водорослей, в среднем в 3 раза по сравнению со значениями, получаемыми при 20°C.

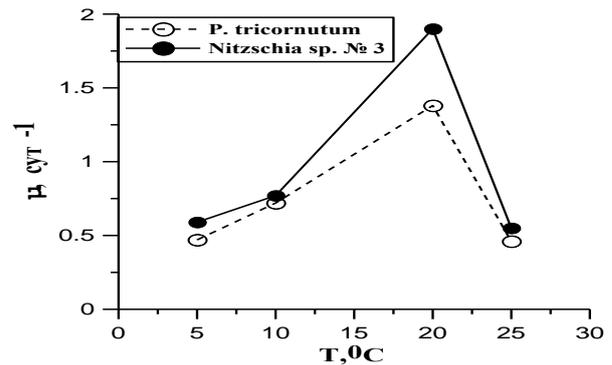


Рис. 3 Изменение максимальной удельной скорости роста *P. tricornutum* и *Nitzschia* sp. № 3 в зависимости от температуры

Fig. 3 Changing of the maximum specific growth rate of *P. tricornutum* and *Nitzschia* sp. № 3 depending on the temperature

Верхняя граница светового оптимума (I_t), по достижении которой начинало проявляться световое ингибирование роста водорослей, также значительно изменялась в зависимости от температурных условий. Так, для роста *P. tricornutum* при 20°C световые условия были благоприятными до освещённости $850 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Понижение температуры до 10°C сопровождалось сужением границ светового оптимума до $250 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, а при 5°C максимальная скорость роста наблюдалась при освещённости, не превышающей $80 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Аналогичные результаты получены и для *Nitzschia* sp. № 3. Верхняя граница светового оптимума изменялась от $600 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 20°C до $230 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 10°C и незначительно превышала I_k при 5°C.

Повышение интенсивности света выше I_t приводило к угнетению роста водорослей, при этом наблюдалось снижение скорости роста с ростом освещённости. Для количественного описания этой зависимости мы использовали параметр β . Результаты показали, что при снижении температуры от 20 до 5°C происходило прогрессирующее увеличение степени светового ингибирования (β) как для *P. tricornutum*, так и для *Nitzschia* sp. № 3. При 25°C наблюдалось отличие в поведении параметра β между видами. Так, у *P. tricornutum* отмечалось усиление фотоингибирования при 25°C, в то

время как у *Nitzschia* sp. № 3 световое ингибирование не наблюдалось.

Обсуждение. Кривые светозависимого роста позволяют оценить характер работы фотохимических и ферментативных систем клеток в различных световых и температурных условиях. Исследуя рост водорослей в широком диапазоне интенсивности света (от 4 до 1250 $\text{мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$), мы сталкиваемся с тремя различными ответными реакциями водорослей. Исходя из этого, всю исследуемую шкалу освещённости целесообразно разделить на 3 участка: 1) световой диапазон, в пределах которого свет оказывает лимитирующее действие на рост; 2) диапазон оптимальных интенсивностей света, в пределах которого наблюдается максимальная скорость роста; 3) участок световой кривой, где свет ингибирует рост водорослей вплоть до гибели клеток. Для выявления зависимостей между скоростью роста и действием факторов среды необходимо детальное изучение каждого из этих световых диапазонов. На начальном участке световой кривой двумя основными параметрами, отражающими зависимость скорости роста от факторов среды, являются начальный угол наклона кривой светозависимого роста (α) и насыщающая рост интенсивность света (I_k). В условиях светового лимитирования в процессе фотосинтеза преобладают фотохимические реакции, не чувствительные к температуре, и рост водорослей в этих условиях определяется эффективностью поглощения и утилизации энергии света, а также удельным содержанием хлорофилла в клетках водорослей [10].

В проведенных нами экспериментах углы наклона кривых роста исследуемых видов водорослей достоверно не различались в температурном диапазоне 10 – 20°C. При этом отсутствие зависимости скорости роста от температуры наблюдалось в узком световом диапазоне (от 4 до 10 – 15 $\text{мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$), в то время как значения I_k находились в диапазоне от 30 до 80 $\text{мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. В литературе для *Skeletonema costatum* указан диапазон освещённости до 13 $\text{мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, а для *P. tricornutum* до 7 $\text{мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, в пре-

делах которого угол наклона не зависит от температуры [4, 6]. Однако имеются данные и о зависимости угла наклона от температуры [14, 17]. Возможно, это связано с более высокой начальной интенсивностью света, при которой изучалась эта зависимость, где уже начинает проявляться температурная зависимость скорости роста. Так как считается, что фотохимические стадии фотосинтеза, которые определяют скорость роста на слабом свете, не зависят от температуры, то температурно-зависимое изменение угла наклона связано с изменением общего светопоглощения водорослями, которое в свою очередь зависит от содержания хлорофилла и удельного коэффициента поглощения [9]. В целом полученные нами величины угла наклона согласуются со значениями, известными для морских диатомовых водорослей [10, 13]. Кроме того, для пресноводных диатомей приводится диапазон изменений угла наклона от 0.015 до 0.05 $\text{мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ [16]. При 25°C как у *P. tricornutum*, так и у *Nitzschia* sp. № 3 эффективность скорости роста при минимальной интенсивности света существенно снижается. Это снижение коррелирует с общим падением ростовых характеристик при данной температуре и свидетельствует об угнетающем действии на жизнеспособность клеток.

При освещённости, превышающей I_k , интенсивность фотосинтеза и роста водорослей определяется скоростью ферментативных реакций, что приводит к появлению температурной зависимости скорости роста. Так, понижение температуры приводит к торможению диффузионных процессов, а также уменьшению скорости ферментативных процессов, которые ограничивают темп роста водорослей при насыщающих световых условиях [11]. Известно, что температурная зависимость ферментативных реакций описывается кривой Аррениуса, где Q_{10} считается близким к 2 [5]. Полученные нами данные в температурном диапазоне от 5 до 20°C соответствуют этим значениям. Однако в литературе приводятся и более

высокие значения коэффициента Q_{10} , достигающие 6 – 8 при понижении температуры от 10 до 5°C [17]. Мы предполагаем, что такие высокие величины коэффициента Q_{10} обусловлены нарушениями функциональной активности водорослей при 5°C. При 25°C скорость роста водорослей резко падает. Возможно, это связано с тем, что повышение температуры увеличивает скорость темновых реакций фотосинтеза. Одновременно с этим при высокой температуре происходит процесс инактивации хлоропластов [11].

Повышение интенсивности света выше оптимальных значений (Инг.) приводит к прогрессирующему снижению скорости роста водорослей. В проведенных нами экспериментах в оптимальных температурных условиях фотоингибирование роста водорослей начинало проявляться при довольно высокой интенсивности света (600 – 850 мкЕ·м⁻²·с⁻¹). Возможно, это связано с высокой толерантностью *P. tricornutum* и *Nitzschia* sp. № 3 к условиям внешней среды и их способностью сохранять функциональную активность в широком диапазоне освещенности и температуры.

Основной причиной ингибирования фотосинтеза и роста при большом световом потоке является то, что скорость передачи энергии возбуждения от светособирающего комплекса к реакционным центрам превышает скорость передачи энергии на первичные реакции электронно-транспортной цепи [8]. Понижение температуры усиливает ингибирующее действие света на рост водорослей. Показано, что продолжительная экспозиция водорослей на высоком свете при пониженной температуре (1 – 12°C) приводит к фотоокислению и выцветанию каротиноидов и хлорофиллов [3, 9]. Кроме того, при низкой температуре наблюдалось

угнетение электронного транспорта. Выращивание динофитовой водоросли *Alexandrium fundyense* на участке светового ингибирования при 5°C снижало эффективность работы фотосистемы II на 35 % по сравнению со значениями, получаемыми при 15°C [15]. Результаты наших экспериментов показали, что при понижении температуры от 20 до 5°C верхняя граница светового плато снижалась от 600 – 850 до 80 мкЕ·м⁻²·с⁻¹, а степень светового ингибирования (β) увеличивалась у *P. tricornutum* в 3 раза, у *Nitzschia* sp. № 3 – в 6 раз. Кроме того, при 5 и 10°C гибель *P. tricornutum* наблюдалась соответственно при 900 и 1250 мкЕ·м⁻²·с⁻¹, а у *Nitzschia* sp. № 3 – при 600 и 1250, тогда как при 20°C высокая освещенность не приводила к гибели клеток.

Выводы. 1. В температурном диапазоне от 5 до 20°C начальный угол наклона кривых роста водорослей *P. tricornutum* и *Nitzschia* sp. № 3 не зависит от температуры. Температура 25°C выходит за пределы их адаптивных возможностей, вызывая снижение как начального угла наклона, так и максимальной скорости роста. В области светового оптимума температурный коэффициент Q_{10} изменяется в пределах от 1.7 до 2.4. **2.** Совместное действие света и температуры проявляется на участке светового ингибирования роста водорослей. Понижение температуры приводит к сужению диапазона оптимальных для роста водорослей интенсивностей света и увеличению степени светового ингибирования.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность Галатоновой О. А. за предоставленные культуры водорослей и Кожемяке А. Б. за определение концентрации органического углерода в пробах на CHN-анализаторе.

1. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 222 с.
2. Финенко З. З., Ланская Л. А. Рост и скорость деления водорослей в лимитированных объемах воды / Экологическая физиология морских

- планктонных водорослей. Под ред. К. М. Хайлова. – Киев: Наук. думка, 1971. – С. 22 – 51.
3. Alves C. A., Magalhaes C. N., Barja P. R. The phenomenon of photoinhibition of photosynthesis and its importance in reforestation // Botanical Review. – 2002. – 68, 2. – P. 193 – 208.

4. Anning T., MacIntyre H. L., Pratt S. M. et al. Photoacclimation in the marine diatom *Skeletonema costatum* // Limnol. Oceanogr. – 2000. – **45**, 8. – P. 1807 – 1817.
5. Eppley RW. Temperature and phytoplankton growth in the sea // Fish Bull. – 1972. – **70**. – P. 1063 – 1085.
6. Fawley M. W. Effects of light intensity and temperature interactions on growth characteristics of *Phaeodactylum tricornerutum* (Bacillariophyceae) // J. Phycol. – 1984. – **20**. – P. 67 – 72.
7. Gallegos C. L., Platt T., Harrison W. G. et al. Photosynthetic parameters of arctic marine phytoplankton: vertical variations and time scales of adaptation // Limnology and Oceanography. – 1983. – **28**, 4. – P. 698 – 708.
8. Han P., Virtanen M., Koponen J. et al. Effect of photoinhibition on algal photosynthesis: a dynamic model // J. Plankt. Res. – 2000. – **22**, 5. – P. 865 – 885.
9. Hendrey G. A., Houghton F., Brown S. B. The degradation of chlorophyll: A biological enigma // New Phytol. – 1987. – **107**. – P. 255 – 302.
10. Langdon C. On the cause of the interspecific differences in the growth-irradiance relationship for phytoplankton. Part 2. A general review // J. Plankt. Res. – 1988. – **10**. – P. 1291 – 1312.
11. MacIntyre H. L., Kana T. M., Anning T. et al. Photoacclimation of photosynthesis irradiance response curves and photosynthetic pigments in microalgae and cyanobacteria // J. Phycol. – 2002. – **38**. – P. 17 – 38.
12. Methods of seawater analysis / ed. K. Grasshoff, M. Ehrhardt, K. Kremling. – 2, rev. Ans extended ed. – Weinheim; Deerfield Beach, Florida; Basel: Verlag Chemie. – 1983. – 419 pp.
13. Pan Y., Subba Rao D. V., Mann K. H. Acclimation to low light intensity in photosynthesis and growth of *Pseudo-nitzschia multiseries* Hasle, a neurotoxic diatom // J. Plank. Res. – 1996. – **18**. – P. 1427 – 1438.
14. Popovich C., Gayoso A. M. Effect of irradiance and temperature on the growth rate of *Thalassiosira curviseriata* Takano (Bacillariophyta), a bloom diatom in Bahia Blanca estuary (Argentina) // J. Plankt. Res. – 1999. – **21**, 6. – P. 1101 – 1110.
15. Schofield O., Grzymiski J., Moline M. A. et al. Impact of temperature on photosynthesis in the red-tide dinoflagellate *Alexandrium fundyense* // J. Plank. Res. – 1998. – **20**. – P. 1241 – 1258.
16. Schwaderer A. S., Yoshiyama K. et al. Eco-evolutionary differences in light utilization traits and distributions of freshwater phytoplankton // Limnology and Oceanography. – 2011. – **56**, 2. – P. 589 – 598.
17. Verity P. G. Effects of temperature, irradiance and daylength on the marine diatom *Leptocylindrus danicus* Cleve // J. Exper. Mar. Biol. Ecol. – 1982. – **60**. – P. 209 – 222.

Поступила 14 марта 2012 г.
После доработки 24 сентября 2012 г.

Вплив світла та температури на питому швидкість росту двох видів діатомових водоростей *Phaeodactylum tricornerutum* і *Nitzschia* sp. № 3. Н. Ю. Шоман, А. І. Акімов. Досліджено спільну дію світла і температури на питому швидкість росту двох видів діатомових водоростей *Phaeodactylum tricornerutum* і *Nitzschia* sp. № 3 в широкому діапазоні інтенсивності світла і температури. Початковий кут нахилу (α) світлової залежності питомої швидкості росту (μ) не залежить від температури в діапазоні 5 – 20°C. Температура 25°C викликає зниження як (α), так і (μ) у двох видів водоростей. Коефіцієнт Q_{10} висхідної ділянки температурної залежності в області насичуючих інтенсивностей світла знаходиться в межах 1.7 – 2.4. Спільна дія світла і температури проявляється на ділянці світлового пригнічення росту. Зниження температури призводить до звуження меж світлового плато і збільшення ступеня світлового пригнічення.

Ключові слова: діатомові водорості, питома швидкість росту, ефективність росту, світло, температура

Effect of irradiance and temperature on specific growth rate of two species of diatoms *Phaeodactylum tricornerutum* and *Nitzschia* sp. № 3. N. Shoman, A. Akimov. Combined effect of irradiance and temperature on specific growth rate of two species of diatoms *Phaeodactylum tricornerutum* and *Nitzschia* sp. № 3 in a wide range of light intensity and temperature is investigated. The initial slope (α) of the light dependence of the specific growth rate (μ) is independent of temperature in the range 5 – 20°C. Temperature 25°C causes a decrease in both (α), and (μ) of two species of algae. The coefficient Q_{10} is 1.7 – 2.4 on the rising part of the temperature dependence at saturating light. The combined effect of irradiance and temperature is shown on the site of the light inhibition of growth. Decrease of temperature leads to a narrowing of the light plateau and increases the degree of a light inhibition.

Keywords: diatom algae, specific growth rate, efficiency of growth, light, temperature