



УДК [582.263+582.261.1]:581.143

## РАСЧЁТ УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ РОСТА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

© 2019 г. Р. П. Тренкеншу

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия  
E-mail: [r.trenkenshu@rambler.ru](mailto:r.trenkenshu@rambler.ru)

Поступила в редакцию 08.06.2018; после доработки 09.08.2018;  
принята к публикации 18.03.2019; опубликована онлайн 31.03.2019.

В работе рассматриваются методические приёмы количественной оценки удельной скорости роста микроводорослей в периодической и непрерывной культуре. Показано, что для доказательства постоянства удельной скорости роста достаточно неизменности либо соотношения двух химических характеристик биомассы, либо размерной структуры популяции клеток. Проведён критический анализ правомерности использования логарифмической формулы для оценки удельной скорости роста ( $\mu$ ) микроводорослей в экспоненциальной фазе роста накопительной культуры:  $\mu = (\ln B_2 - \ln B_1) / (t_2 - t_1)$ , где  $B_1$  и  $B_2$  — плотности (концентрации) культуры в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  соответственно. Эта формула повсеместно используется большинством исследователей микроводорослей без доказательств экспоненциального характера роста. При наличии таких доказательств применение логарифмической формулы теряет смысл. Приведены примеры количественного описания экспериментальных данных для двух видов морских микроводорослей в экспоненциальной и линейной фазах роста культуры.

**Ключевые слова:** культура микроводорослей, экспоненциальная фаза роста, удельная скорость роста

Одной из важнейших характеристик роста микроводорослей является параметр их удельной скорости роста. По определению, удельная скорость роста показывает относительный прирост плотности культуры за малый промежуток времени:

$$\mu = \frac{dB}{Bdt},$$

где  $B$  — плотность культуры;

$t$  — время;

$dB$  — прирост плотности за бесконечно малый промежуток времени  $dt$ .

Плотность может быть выражена в любых единицах — концентрации биомассы, числа клеток и т. д.

Эта характеристика широко применяется для оценки влияния того или иного фактора внешней среды на рост и видоспецифические параметры изучаемой популяции клеток. Основной метод исследований монокультур микроводорослей позволяет выявить влияние одного фактора внешней среды при неизменных условиях всех остальных. При этом появляется возможность непосредственного измерения различных видоспецифических характеристик не только культуры, но и клеток микроводорослей, а именно: биохимического состава, морфометрической структуры популяции, массы клеток и др. Также производится оценка физиологических параметров клеток и культуры, связанных с ростом и развитием популяции.

В идеале экспериментальное измерение этих параметров возможно при непрерывном динамически равновесном выращивании микроводорослей при неизменных физико-химических условиях внешней среды, в которых находятся клетки. Такие условия реализуются при использовании систем непрерывного культивирования микроводорослей — плотностата [4] или хемостата [8, 9, 10]. Эти системы принципиально различаются по способу управления культурой: в плотностате постоянной задаётся плотность культуры, в хемостате — удельная скорость протока среды. В обоих случаях на вход системы культивирования поступает свежая питательная среда, а на выходе происходит слив культуры. После адаптации клеток к заданным условиям в хемостате стабилизируется плотность культуры, а в плотностате — удельная скорость роста. Все без исключения характеристики клеток становятся константами, что приводит к постоянству их соотношений. Это означает стабильность биохимического состава и размерной структуры популяции клеток.

При определённых условиях удельная скорость роста будет постоянной величиной и в накопительной (периодической) культуре. На этой фазе роста накопительной культуры скорость роста количественно описывается простым дифференциальным уравнением:

$$\frac{dB}{dt} = \mu B .$$

Если удельная скорость роста является величиной постоянной, уравнение можно проинтегрировать, задав начальные условия. Обозначив начальную плотность культуры как  $B_0$ , для начального момента времени этой фазы роста ( $t_0$ ) получим логарифмический, или экспоненциальный, закон роста:

$$\begin{aligned} \mu = const , \quad \int_{B_0}^B \frac{dB}{B} &= \mu \int_{t_0}^t dt , \\ \ln B - \ln B_0 &= \mu(t - t_0) , \\ B &= B_0 e^{\mu(t-t_0)} . \end{aligned}$$

Если этот закон роста выполняется, то для расчёта удельной скорости роста достаточно двух любых экспериментальных точек:

$$\mu = \frac{\ln B_2 - \ln B_1}{t_2 - t_1} = \frac{\ln \frac{B_2}{B_1}}{t_2 - t_1} .$$

Этой формулой для расчёта удельной скорости роста пользуются большинство исследователей, изучающих рост микроводорослей. Между тем сведения, подтверждающие экспоненциальный рост культуры и, соответственно, правомерность применения этой формулы, приводятся лишь в редких случаях.

Критический анализ литературных данных, в которых используется приведённая формула, показывает, что в подавляющем количестве работ (число публикаций исчисляется тысячами, поэтому нет смысла их цитировать) авторы допускают ошибку при оценке удельной скорости роста, что нередко приводит к неправильным выводам.

В предлагаемой работе рассматриваются условия, при которых наблюдаются экспоненциальный рост и, соответственно, постоянство удельной скорости роста.

**Непрерывная культура.** При непрерывном процессе выращивания микроводорослей культура со временем достигает динамического равновесия, наблюдается постоянство плотности культуры, концентрации клеток и компонентов биомассы, стабилизируется их соотношение. Это свойство приводит к равенству удельных скоростей продукции всех без исключения биохимических составляющих популяции клеток и, соответственно, роста культуры [5, 6].

*Постоянство биохимического состава.* Обозначим характеристики культуры для динамически равновесного роста надстрочным индексом (\*). Выделим любую биохимическую составляющую ( $B_i^*$ ) в биомассе микроводорослей ( $B^*$ ). Скорость продукции этой составляющей биомассы будет постоянной величиной:

$$P_i^* = \mu^* B_i^* .$$

Продуктивность также будет постоянной величиной:

$$P^* = \mu^* B^* .$$

Отсюда следует, что доля любой составляющей в биомассе будет постоянной на всём промежутке времени непрерывного стационарного роста:

$$\frac{B_i^*}{B^*} = \frac{P_i^*}{P^*} = const , \quad \mu^* = const ,$$

то есть неизменность биохимического состава непрерывной культуры микроводорослей может служить подтверждением постоянства удельной скорости роста.

*Постоянство размерной структуры популяции клеток.* Выделим любую размерную группу численностью  $N_i$  из общего числа клеток ( $N_0$ ) популяции. Клетки элиминируются с протоком среды со следующей скоростью:

$$V_i^* = \mu^* N_i^* ,$$

$$V_0^* = \mu^* N_0^* .$$

Если эти скорости или доли любой размерной группы в популяции постоянны на длительном промежутке времени, удельная скорость роста тоже постоянна:

$$\frac{N_i^*}{N_0^*} = \frac{V_i^*}{V_0^*} = const , \quad \mu^* = const .$$

Этим условием также можно воспользоваться для подтверждения корректности расчёта удельной скорости роста.

**Накопительная (периодическая) культура.** Такой способ выращивания микроводорослей наиболее часто используется в исследовательской практике. Рост культуры характеризуется фазами, число которых зависит от предыстории культуры от плотности в начальный момент. Если клетки помещаются в условия, аналогичные предшествующим, культура растёт с теми же характеристиками, что и прежде (фактически это аналог непрерывной культуры). В случае если новые условия отличаются от прежних, клетки адаптируются к ним: изменяется биохимический состав клеток и размерная структура популяции. Этот период называют скрытым, или лаг-фазой. По его окончании может наступить логарифмическая (экспоненциальная) фаза роста культуры.

Главное условие для экспоненциального роста фотоавтотрофных накопительных культур — низкая оптическая плотность культуры и относительно высокие концентрации элементов питания. В этом случае изменения концентраций минеральных элементов питания за счёт роста клеток будут несущественными, а световые условия для отдельных клеток — неизменными (будет отсутствовать «самозатенение» клеток). Удельная скорость роста, морфометрическая структура популяции клеток и макромолекулярный состав биомассы будут определяться только поверхностной освещённостью культуры [5, 6].

Обозначим характеристики культуры для экспоненциальной фазы роста надстрочным индексом ( $^{ln}$ ). Выделим любую биохимическую составляющую ( $B_i^{ln}$ ) в биомассе микроводорослей ( $B^{ln}$ ).

$$B^{ln} = B_0^{ln} e^{\mu^{ln}(t-t_{ln0})} , \quad B_i^{ln} = B_{i0}^{ln} e^{\mu^{ln}(t-t_{ln0})} .$$

При этом соотношение всех форм биомассы будет постоянным на всём промежутке экспоненциального роста:

$$\frac{B_i^{\ln}}{B^{\ln}} = \frac{B_{i0}^{\ln} e^{\mu^{\ln}(t-t_{\ln 0})}}{B_0^{\ln} e^{\mu^{\ln}(t-t_{\ln 0})}} = \frac{B_{i0}^{\ln}}{B_0^{\ln}}.$$

Аналогично для размерной структуры популяции:

$$N^{\ln} = N_0^{\ln} e^{\mu^{\ln}(t-t_{\ln 0})}, \quad N_i^{\ln} = N_{i0}^{\ln} e^{\mu^{\ln}(t-t_{\ln 0})},$$

$$\frac{N_i^{\ln}}{N^{\ln}} = \frac{N_{i0}^{\ln} e^{\mu^{\ln}(t-t_{\ln 0})}}{N_0^{\ln} e^{\mu^{\ln}(t-t_{\ln 0})}} = \frac{N_{i0}^{\ln}}{N_0^{\ln}}.$$

Следовательно, постоянство молекулярного состава биомассы или размерной структуры популяции клеток служит подтверждением экспоненциального (логарифмического) роста и постоянства удельной скорости накопления биомассы в накопительной культуре микроводорослей. Отсюда вытекает возможность использования логарифмической формулы:

$$\mu^{\ln} = \frac{\ln B_2^{\ln} - \ln B_1^{\ln}}{t_2 - t_1} = \frac{\ln \frac{B_2^{\ln}}{B_1^{\ln}}}{t_2 - t_1}, \quad \mu^{\ln} = \frac{\ln N_2^{\ln} - \ln N_1^{\ln}}{t_2 - t_1} = \frac{\ln \frac{N_2^{\ln}}{N_1^{\ln}}}{t_2 - t_1}.$$

Здесь необходимо заметить, что в реальности точность оценки удельной скорости роста микроводорослей будет определяться погрешностью измерения плотности культуры, что может привести к разным значениям для различных пар данных, то есть такая оценка будет приближённой.

**Графоаналитический метод.** Этот способ можно применить для более точной оценки удельной скорости роста микроводорослей, когда в эксперименте измеряется только один показатель изменения плотности культуры со временем. С учётом того что рост микроводорослей является автокаталитическим процессом и на достаточно длительном промежутке времени возможными колебаниями данных можно пренебречь, рост плотности культуры с высокой точностью можно описать показательной функцией в виде экспоненты. Такого рода колебания данных могут быть вызваны либо ошибками измерения, либо циклическими процессами внутри клетки. Чаще всего колебания наблюдаются при подсчёте концентрации клеток; это происходит за счёт частичной синхронизации моментов их деления [2].

*Рост популяции клеток.* Рассмотрим подобный случай на конкретном примере. В работе [3] представлены результаты изучения роста морской микроводоросли *Dunaliella viridis* в накопительной культуре. Воспользуемся приведёнными в этой публикации данными.

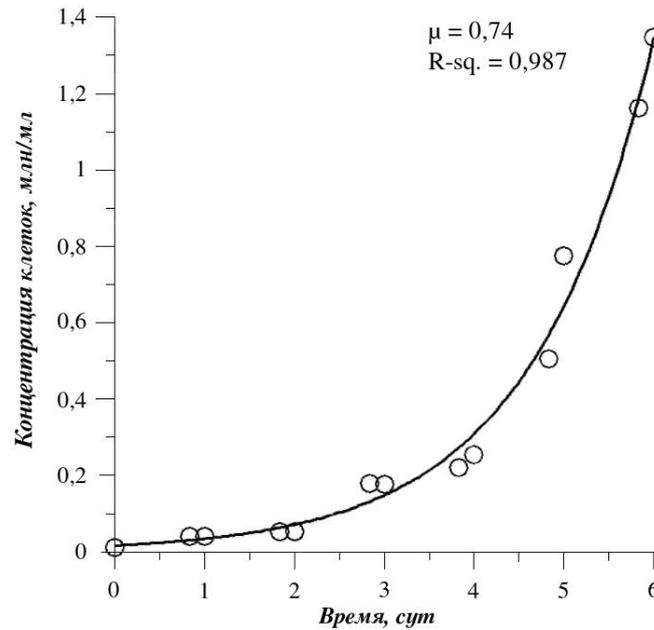
Выделим участок накопительной кривой, который, по предположению, соответствует логарифмической фазе роста. Она заканчивается на шестые сутки. Графически этот участок показан на рис. 1.

Как видно из рис. 1, данные хорошо описываются уравнением экспоненциального роста:

$$N^{\ln} = N_0^{\ln} e^{\mu^{\ln} t}.$$

На это указывает высокий коэффициент детерминации ( $R^2 = 0,987$ ) при начальном значении концентрации клеток  $N_0^{\ln} = 0,016$  млн·мл<sup>-1</sup> и удельной скорости роста популяции клеток  $\mu^{\ln} = 0,74$  сут<sup>-1</sup>. Аналогичные результаты получены авторами работы [3].

Иная картина будет наблюдаться при расчёте удельной скорости роста по логарифмической формуле, если нет подтверждения постоянства размерной структуры популяции клеток. Для примера используем те же экспериментальные данные, что и в предыдущем случае [3].



**Рис. 1.** Кривая роста накопительной культуры *Dunaliella viridis*. Светлые кружочки — экспериментальные данные из работы [5]; линия — аппроксимация данных экспоненциальным уравнением

**Fig. 1.** Growth curve of batch culture *Dunaliella viridis*. Light circles – experimental data from paper [5]; line – approximation of data by the exponential equation

Рассчитаем удельную скорость роста по логарифмической формуле:

$$\mu^{\ln} = \frac{\ln \frac{N_2^{\ln}}{N_1^{\ln}}}{t_2 - t_1}.$$

Эта формула даёт нам право использовать любую пару точек. Сделаем расчёт для двух соседних экспериментальных точек на всём промежутке экспоненциального роста. Полученные результаты приведены на рис. 2.

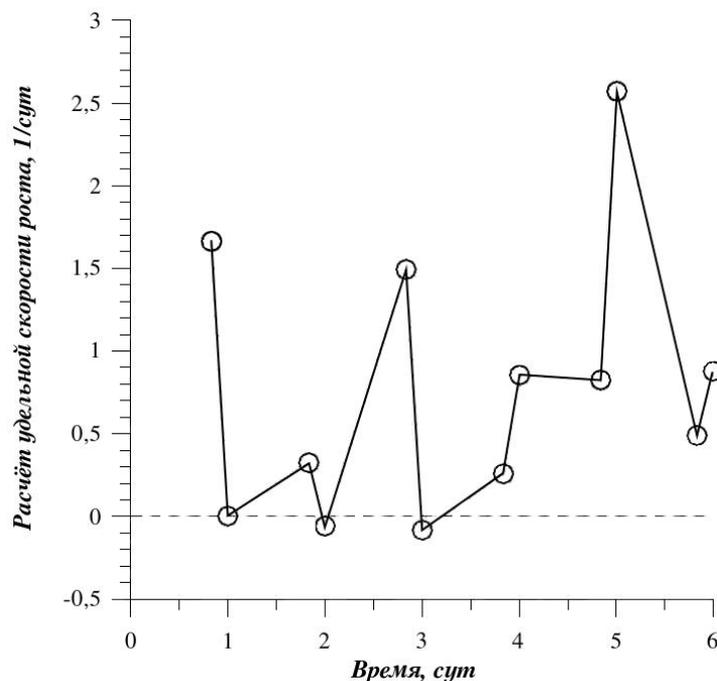
Рис. 2 убедительно показывает, что использование логарифмической формулы для двух экспериментальных точек нельзя рекомендовать для корректного расчёта удельной скорости роста микроводорослей. Необходимо заметить, что эта логарифмическая формула довольно часто применяется и для оценки роста популяций других организмов.

*Оценка роста по концентрации биомассы.* Более гладкие кривые роста наблюдаются в экспериментах, в которых рост плотности культуры микроводорослей измеряется (прямым или косвенным методом) по изменению концентрации биомассы. Рассмотрим такой случай также на конкретном примере. В [1] представлены экспериментальные данные по изучению роста накопительной культуры морской микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum*. В этой работе автор контролировала рост по изменению оптической плотности в области 750 нм с периодическим измерением сырого и сухого веса.

Рис. 3 иллюстрирует оценку области экспоненциальной фазы роста и удельной скорости роста на основе коэффициента детерминации. Экспериментальные данные описываются уравнением экспоненты:

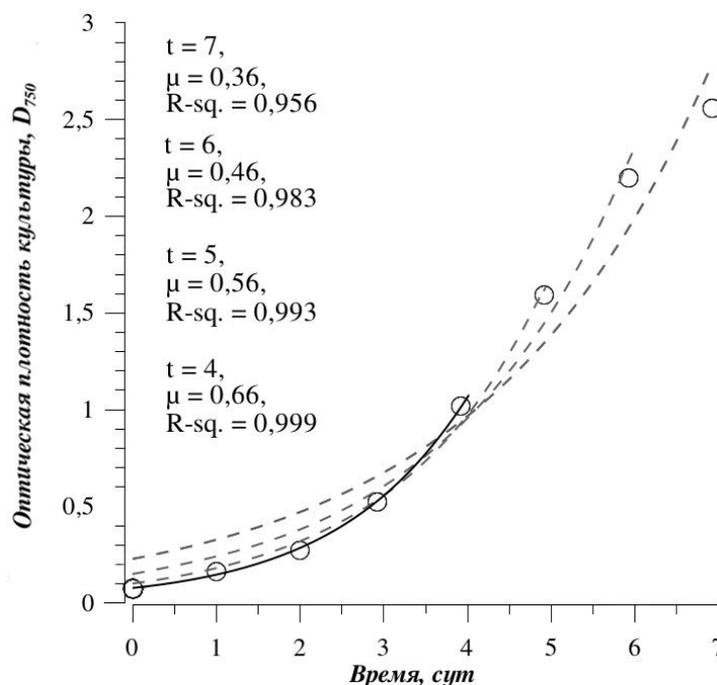
$$D_{750}^{\ln} = D_{0,750}^{\ln} e^{\mu^{\ln} t}.$$

Как видно из представленного графика, наилучшим образом ( $R^2 = 0,999$ ) данные описываются при использовании уравнения для области экспоненциальной фазы роста, оканчивающейся на 4-е сутки ( $t = 4$ ). При этом удельная скорость роста  $\mu^{\ln} = 0,66 \text{ сут}^{-1}$ . Аналогичные результаты получены автором работы [1].



**Рис. 2.** Кривая роста накопительной культуры *Dunaliella viridis*. Пример некорректного расчёта удельной скорости роста *Dunaliella viridis* по тем же экспериментальным данным (рис. 1), но с использованием логарифмической формулы для двух соседних точек

**Fig. 2.** An example of incorrect calculation of the specific growth rate of *Dunaliella viridis* by the same experimental data (Fig. 1), but with using logarithmic formula for two neighboring points



**Рис. 3.** Оценка удельной скорости роста микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum* в предполагаемой экспоненциальной фазе роста накопительной культуры. Светлые кружочки — экспериментальные данные из работы [1]; пунктирные линии — оценка удельной скорости при использовании различного числа точек; сплошная линия — область экспоненциального роста

**Fig. 3.** Estimation of specific growth rate of microalgae *Phaeodactylum tricornutum* in the supposed exponential phase of growth of batch culture. Light circles – experimental data from work [1]; dotted lines – estimation of specific rate at use of different number of points; solid line – area of exponential growth

*Линейная фаза роста.* Окончание экспоненциальной фазы роста означает смену фактора, лимитирующего рост культуры. При полном минеральном обеспечении культуры таким фактором может служить снижение светового питания клеток за счёт повышения плотности культуры. Если рост микроводорослей происходит в плоскопараллельном слое, то, как правило, на некотором промежутке времени наблюдается линейный рост плотности культуры [7].

В этом случае накопление биомассы ( $B$ ) описывается простым линейным уравнением:

$$B = B_0 + P t ,$$

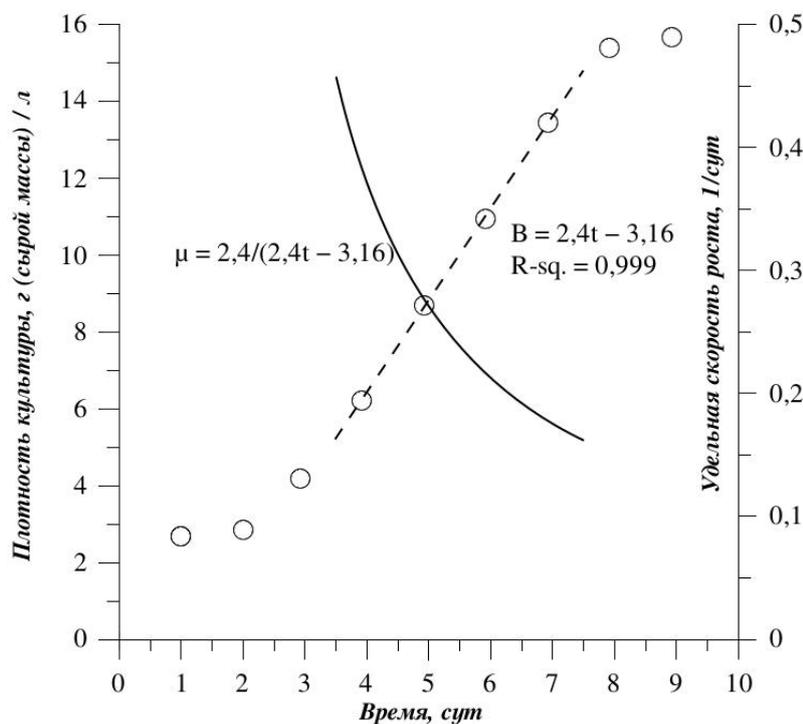
где  $P$  — скорость роста плотности культуры (продуктивность) ( $P = \text{const}$ );

$B_0$  — плотность культуры в начале линейной фазы роста.

Удельная скорость роста на этом участке будет уменьшаться с ростом плотности культуры. Рассчитать изменение удельной скорости со временем можно с использованием её величины из определения и последней формулы:

$$\mu = \frac{P}{B}, \quad \mu = \frac{P}{B_0 + P t} .$$

В качестве примера такого расчёта приведём данные по линейному участку роста морской микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum* из работы [1]. На рис. 4 показаны экспериментальные данные, уравнения линейного роста и удельной скорости, а также полученные их графические изображения. Необходимо отметить высокий коэффициент детерминации линейной модели ( $R^2 = 0,999$ ).



**Рис. 4.** Пример расчёта изменения удельной скорости роста *Phaeodactylum tricornutum* со временем в области линейного роста. Светлые кружочки — экспериментальные данные [1]; пунктирная линия — линейная модель; сплошная линия — расчётная кривая изменения удельной скорости роста

**Fig. 4.** An example of calculating the change in the specific growth rate of *Phaeodactylum tricornutum* over time in the area of linear growth. Light circles – experimental data [1]; dotted line – linear model; solid line – calculated curve of change of specific growth rate

**Заключение.** В предлагаемой работе представлены методические приемы расчёта удельной скорости роста микроводорослей в культуре. Показаны условия, при которых возможна относительно точная оценка этого важнейшего показателя роста культуры по динамике накопления биомассы или концентрации клеток. Также дана оценка диапазонов экспоненциальной и линейной фаз роста.

К основному выводу можно отнести положение о доказательстве правомерности использования общепринятой логарифмической формулы:

$$\mu = \frac{\ln B_2 - \ln B_1}{t_2 - t_1} = \frac{\ln \frac{B_2}{B_1}}{t_2 - t_1}.$$

Данное доказательство неизбежно приводит к отсутствию смысла в применении этой формулы.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Жондарева Я. Д. Миксотрофный рост *Phaeodactylum tricorutum* на неорганической среде с глюкозой и глицерином в накопительной культуре // *Морские биологические исследования: достижения и перспективы* : в 3-х т. : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроч. к 145-летию Севастопольской биологической станции (Севастополь, 19–24 сент. 2016 г.) / под общ. ред. А. В. Гаевской. Севастополь, 2016. Т. 3. С. 378–381. [Zhondareva Ya. D. Miksotrofnyi rost *Phaeodactylum tricorutum* na neorganicheskoi srede s glyukozoi i glitserinom v nakopitel'noi kul'ture. In: *Morskie biologicheskie issledovaniya: dostizheniya i perspektivy* : v 3-kh t. : sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, priuroch. k 145-letiyu Sevastopol'skoi biologicheskoi stantsii (Sevastopol, 19–24 Sept., 2016) / A. V. Gaevskaya (Ed.). Sevastopol, 2016, vol. 3, pp. 378–381. (in Russ.)]
2. Мальцева О. А. Морфометрические характеристики клеток микроводоросли *Dunaliella viridis* в накопительной культуре [Электронный ресурс] // *Вопросы современной альгологии*. 2017. № 1 (13). URL: <http://algology.ru/1137> [дата обращения 01.06.2018]. [Maltceva O. A. Morphometric characteristic of cells microalgae *Dunaliella viridis* in batch culture [Electronic resource]. *Voprosy sovremennoi al'gologii*, 2017, no. 1 (13). URL: <http://algology.ru/1137> [accessed 01.06.2018]. (in Russ.)]
3. Меметшаева О. А., Боровков А. Б. Репродуктивная активность клеток *Dunaliella viridis* Teod. в накопительной культуре при непрерывном освещении и свето-темновых циклах [Электронный ресурс] // *Вопросы современной альгологии*. 2018. № 1 (16). URL: <http://algology.ru/1262> [дата обращения 01.06.2018]. [Memetshaeva O. A., Borovkov A. B. Reproductive activity of *Dunaliella viridis* Teod. cells in a batch culture under continuous illumination and light-dark cycles [Electronic resource]. *Voprosy sovremennoi al'gologii*, 2018, no. 1 (16). URL: <http://algology.ru/1262> [accessed 01.06.2018]. (in Russ.)]
4. Терсков И. А., Гительзон И. И., Сидько Ф. Я., Ковров Б. Г., Батов В. А., Белянин В. Н. Интенсивное непрерывное культивирование хлореллы в плотностном режиме при различной освещенности // *Управляемое культивирование микроводорослей*. Москва : Наука, 1964. С. 55–84. [Terskov I. A., Gitel'zon I. I., Sid'ko F. Ya., Kovrov B. G., Batov V. A., Belyanin V. N. Intensivnoe nepreryvnoe kul'tivirovanie khlorely v plotnostnom rezhime pri razlichnoi osveshchennosti. In: *Upravlyаемое kul'tivirovanie mikrovodoroslei*. Moscow: Nauka, 1964, pp. 55–84. (in Russ.)]
5. Тренкеншу Р. П. Влияние света на макромолекулярный состав микроводорослей в непрерывной культуре невысокой плотности (Часть 1) [Электронный ресурс] // *Вопросы современной альгологии*. 2017. № 2 (14). URL: <http://algology.ru/1180> [дата обращения 01.06.2018]. [Trenkenshu R. P.

- Influence of light on macromolecular composition of microalgae in continuous culture of low density (Part 1) [Electronic resource]. *Voprosy sovremennoi al'gologii*, 2017, no. 2 (14). URL: <http://algology.ru/1180> [accessed 01.06.2018]. (in Russ.)]
6. Тренкеншу Р.П. Влияние света на макромолекулярный состав микроводорослей в непрерывной культуре невысокой плотности (Часть 2) [Электронный ресурс] // *Вопросы современной альгологии*. 2017. № 3 (15). URL: <http://algology.ru/1241> [дата обращения 01.06.2018]. [Trenkenshu R.P. Influence of light on macromolecular composition of microalgae in continuous culture of low density (Part 2) [Electronic resource]. *Voprosy sovremennoi al'gologii*, 2017, no. 3 (15). URL: <http://algology.ru/1241> [accessed 01.06.2018]. (in Russ.)]
  7. Тренкеншу Р. П., Лелеков А. С., Новикова Т. М. Линейный рост морских микроводорослей в культуре // *Морской биологический журнал*. 2018. Т. 3, № 1. С. 53–60. [Trenkenshu R. P., Lelekov A. S., Novikova T. M. Linear growth of marine microalgae culture. *Morskoy biologicheskij zhurnal*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 53–60. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.1.06>
  8. Ketchum B. H., Redfield A. C. A method for maintaining a continuous supply of marine diatoms by culture. *Biological Bulletin*, 1938, vol. 75, pp. 165–169. <https://doi.org/10.2307/1537681>
  9. Monod J. La technique de culture continue. Theorie et applications. *Annales de l'Institut Pasteur*, 1950, vol. 79, pp. 390–410.
  10. Novick A., Szilard L. Description of the chemostat. *Science*, 1950, vol. 112, iss. 2920, pp. 715–718. <https://doi.org/10.1126/science.112.2920.715>

## CALCULATION OF THE SPECIFIC GROWTH RATE OF MICROALGAE

**R. P. Trenkenshu**

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: [r.trenkenshu@rambler.ru](mailto:r.trenkenshu@rambler.ru)

The work focuses on techniques of quantifying the specific growth rate of microalgae in both batch and continuous culture. It is shown, that to prove that the specific growth rate is a constant value, both the ratio of two chemical biomass characteristics and dimensional structure of cell population must be constant. Critical analysis of the correctness of using the logarithmic formula for estimating the specific growth rate ( $\mu$ ) of microalgae in the exponential phase of growth of batch culture is held:  $\mu = (\ln B_2 - \ln B_1) / (t_2 - t_1)$ , where  $B_1$  and  $B_2$  are densities (concentrations) of the culture at a moment of time  $t_1$  and  $t_2$ , respectively. This formula is widely used by most microalgae researchers without proving exponential growth character. Availability of such proofs makes the applying of the logarithmic formula meaningless. Examples of quantitative description of the experimental data obtained for two types of marine microalgae in the exponential and linear phases of culture growth are given.

**Keywords:** microalgae culture, exponential growth phase, specific growth rate