

**Вариант апробации уравнения Ван Долах (Van Dolah) для
прогнозирования продолжительности эмбриогенеза бокоплавов
(Crustacea; Amphipoda)**

Асочаков Анатолий Андреевич

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова

к.б.н., зав. Учебно-научной лабораторией биологического разнообразия

Курчатов Александр Иванович

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова

Студент

Аннотация

Обсуждается вариант теоретической апробации уравнения, опубликованного в 1975 г. группой авторов во главе с Р.Ф. Ван Долах (R.F. Van Dolah). Данное уравнение предназначено для прогнозирования продолжительности периода эмбриогенеза бокоплавов. Роль аргументов в нём играют значения температуры воды, а откликами являются продолжительность периодов эмбриогенеза. Для апробации уравнения были использованы данные, опубликованные разными авторами в период с 1950 по 2008 гг. В результате было выяснено, что теоретические значения, рассчитанные с помощью уравнения Ван Долах, завышают фактические в среднем на 10 %. Высказывается мнение о возможности использования данного уравнения для прогнозирования продолжительности эмбриогенеза бокоплавов.

Ключевые слова: Crustacea, Amphipoda, эмбриогенез, влияние температуры

**Testing the Van Dolah equation to predict the duration of embryogenesis of
amphipod (Crustacea)**

Asochakov Anatoliy Andreyevich

Khakass State University named after N.F. Katanov

Ph. D. of Biological Sciences, Head of the of the Teaching and Research Laboratory of Biodiversity

Kurchatov Alexander Ivanovich

Khakass State University named after N.F. Katanov

Student

Abstract

A variant of theoretical testing of the equation published in 1975 by a group of authors headed by R. F. Van Dolah is discussed. This equation was proposed to predict the duration of the embryogenesis period of amphipods. The role of arguments in it was played by the values of water temperature, and the function was

the duration of the embryonic development periods. To test the equation, similar data published by other authors between 1954 and 2008 were used. As a result, it was found that the theoretical values calculated using the Van Dolah equation overestimate the actual ones by an average of 10 %. An opinion is expressed about the possibility of using the Van Dolah equation to predict the duration of the embryogenesis period of amphipods.

Key words: Crustacea, Amphipoda, embryogenesis, influence of temperature

Продолжительность периода эмбриогенеза бокоплавов как пойкилотермных или «холоднокровных» животных может варьировать в широком диапазоне и чаще всего она зависит от направления и интенсивности градиента температуры водной среды [1, 2, 3 и др.]. Особенности пойкилотермии этих массовых ракообразных изучались с целью решения многих задач. В том числе проводились расчёты значений коэффициентов уравнений для прогнозирования сроков выхода новорожденных особей из яйцевых оболочек в зависимости от температуры среды [см. там же]. Действительно, успешное решение данной задачи создаёт предпосылки для значительного снижения затрат времени, материальных и финансовых ресурсов, расходуемых на сборы и наблюдения за животными в полевых условиях. Кроме этого, важность решения задачи подобного рода определяется необходимостью иметь в наличии информацию о сроках появления когорты нового поколения рачков – как о датах начала нового жизненного цикла той или иной популяции бокоплавов. Однако практическое использование любого уравнения предполагает наличие убедительных аргументов, подтверждающих степень точности или надёжности формируемых с их помощью прогнозов.

Целью данного исследования явилась апробация уравнения Ван Долах, предложенного для прогнозирования влияния температуры воды на продолжительность периода эмбриогенеза бокоплавов.

Само уравнение было опубликовано в 1975 в статье, авторами которой явились: Р.Ф. Ван Долах (R.F. Van Dolah), Л.Е. Шапиро (L.E. Shapiro) и С.П. Риес (C.P. Rees) [2]. Оно имеет следующий вид:

$$Y = 77,43e^{-0,8743 \cdot x} \quad (N = 40; R^2 = 0,89),$$

где Y – продолжительность эмбриогенеза, сут.,
 x – температура воды, град. $^{\circ}\text{C}$

В данном уравнении продолжительность периода эмбриогенеза характеризуется отрезками времени, которые кратны суткам или 24 ч. Для удобства выполнения расчётов мы увеличили точность оценивания этого интервала времени до десятых долей или до двух астрономических часов. Описание значений температуры воды выполнялось авторами уравнения с использованием шкалы Цельсия и точностью до одного градуса. Также для удобства расчётов разрядность этого показателя была увеличена до $0,1^{\circ}\text{C}$.

Фактические данные для определения значений коэффициентов своего уравнения Ван Долах и его коллеги заимствовали из семи публикаций восьми специалистов-карцинологов [2]. Авторами «исходных данных» для уравнения были описаны биологические показатели семи видов из двух родов бокоплавов [см. там же]. Род *Gammarus* в их перечне был представлен шестью видами, а род *Hyallela* одним – *H. azteca*. Всего для расчёта значений коэффициентов уравнения было использовано 40 пар данных, характеризующих длительность эмбриогенеза или периода инкубации яиц в зависимости от температуры воды [см. там же].

Степень приемлемости любого уравнения к широкому использованию, можно оценить разными способами. По нашему мнению, к наиболее часто применяемым можно отнести два. Из них первый предполагает проведение натурных, в том числе экспериментальных работ для сравнения вновь полученных данных с величинами, полученными расчётным путём. Такой способ может быть назван «практическим». Второй, «теоретический», это случай, когда процедура верификации проводится с помощью математических или теоретических методов. Для подготовки данного сообщения был выбран второй. В качестве «фактических значений» были использованы результаты, опубликованные в работах десяти авторов в течение периода с 1950 по 2008 гг. [1, 4-10]. Результаты их исследований были отобраны случайным образом. Они характеризуют влияние температуры воды на продолжительность эмбриогенеза семи видов бокоплавов из рода *Gammarus*. Здесь необходимо обратить внимание на то, способы описания результатов имеют разный формат. Данная особенность предопределяет необходимость проведения процедуры унификации. По понятным причинам это неизбежно приводит к частичному искажению исходных данных авторов. Более того, лишь в очень редких случаях алгоритмы унификации могут быть едиными для всего массива значений. В период подготовительного этапа нами были использованы два алгоритма преобразования:

1) в тех случаях, когда описание диапазонов температуры и(или) продолжительности периодов эмбриогенеза выполнялось с помощью интервальных оценок или отрезков, их крайние значения сначала суммировались. Далее для полученных сумм рассчитывались среднее арифметические. Именно они и использовались в последующей апробации уравнения.

2) в случаях, когда данные представляли собой полуоткрытые слева или справа отрезки, для всех последующих расчётов использовались те числовые значения, которое упоминались в каждом из них отдельно.

Далее предлагается вариант применения первого и второго алгоритмов унификации на примере описательных характеристик черноморского бокоплава *Gammarellus carinatus* [11]. Автор данных, И.И. Грезе [см. там же], сообщила о том, что: «... при температуре 9–10° ... период инкубации (*G. carinatus*) длится не менее 30 дней» [см. там же]. Согласно описанным выше алгоритмам получаем следующую пару значений: «9,5° C» и «30 дней».

После завершения этапа унификации все полученные величины подвергались апробации. Эта процедура проводилась с помощью метода подстановки. В уравнение Ван Долах вносились величины, характеризующие температуру воды, и полученные расчётным способом результаты сравнивались с фактическими значениями продолжительности эмбриогенеза бокоплавов. Значения разницы для каждой из пар «температура воды и продолжительность эмбриогенеза» переводились в доли (%) от абсолютных фактических показателей продолжительности эмбриогенеза. Для сформированного таким способом множества из 22 значений разницы и оценивалась искомая средняя величина отклонения. В графическом виде все отклонения расчётных величин (%) от фактических данных, характеризующих продолжительность эмбриогенеза, представлены на рисунке.

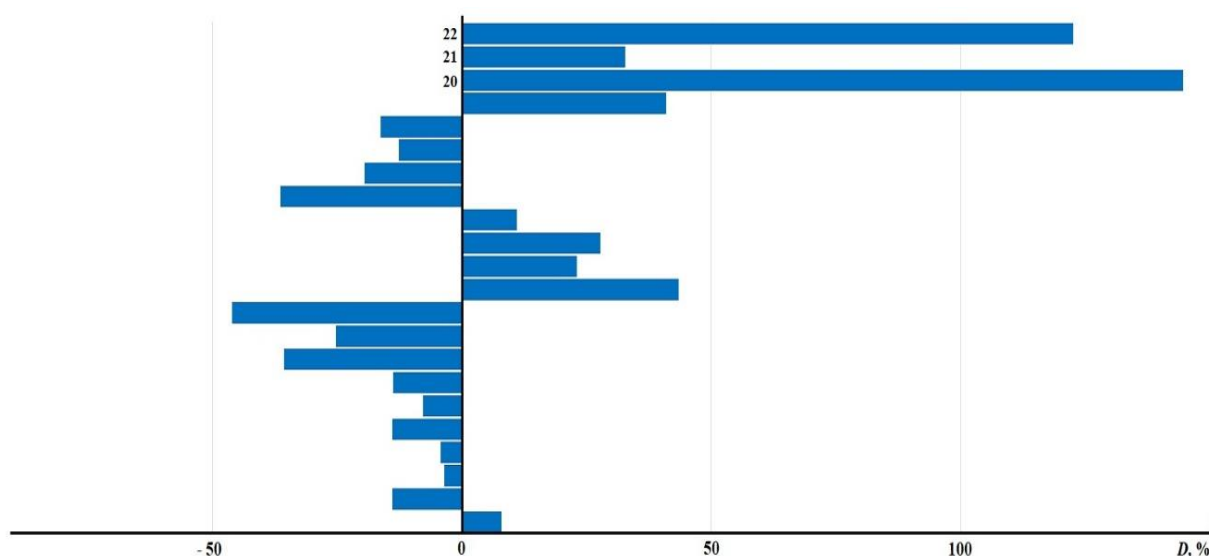


Рисунок 1 – Отклонение (D , %) расчётных показателей продолжительности эмбриогенеза бокоплавов от фактических данных (комментарии в тексте)

На горизонтальной оси графика (см. рис.1) расположена шкала отклонений (%) расчётных данных от фактических (0). Вертикальная ось отражает 22 значения данных [1, 4-10], использованных для апробации уравнения Ван Долах. Видно, что характер отклонений близок к случайному. С помощью среднего показателя, характеризующего разницу между расчётными и фактическими значениями, удалось выяснить, что первые превышают вторые на 9 %. Данное значение до проведения альтернативной апробации рекомендуется рассматривать в качестве предварительного варианта и, учитывая неоднозначность алгоритмов унификации, повысить его до 10 %. К тому же, не совсем ясно как именно следует трактовать естественную изменчивость внутрипопуляционной продолжительности эмбриогенеза бокоплавов. В процессе онтогенеза она не может быть постоянной даже у одной и той же самки. Здесь так же необходимо обратить внимание на данные, опубликованные Е. Прато (E. Prato) с соавторами [10]. В пересчётном варианте они показаны линиями с номерами 20, 21 и 22 (см. рис.). Хорошо видно насколько эти величины отличаются от всех остальных. В

случае исключения их из общего множества среднее значение отклонений (без учёта знака) снизится с 9 до 5 %.

Таким образом, согласно результатам апробации уравнения Ван Долах, предлагается считать его практическое применение вполне приемлемым. Прежде всего это касается прогнозирования продолжительности эмбриогенеза видов из рода *Gammarus*. Полученный результат является предварительным и может быть опровергнут в результате использования других фактических данных, а также альтернативных способов унификации и апробации. В случае подтверждения нашего вывода появится основание в пользу применения предложенных в данной работе вариантов унификации данных. Так же по итогам апробации уравнения Ван Долах и с учётом всех вышеизложенных комментариев, может быть рекомендован к применению поправочный коэффициент $c = 0,9$. Он призван повысить точность расчётных значений, прогнозирующих продолжительность эмбриогенеза бокоплавов с помощью уравнения Ван Долах.

Библиографический список

1. Hynes H.B.N. The ecology of *Gammarus duebeni* Lilljeborg and its occurrence in freshwaters in western Britain // Journal of Animal Ecology. 1954. Т. 23. №1. С. 38-84.
2. Van Dolah R.F., Shapiro L.E., Rees C.P. Analysis of an intertidal population of the amphipod *Gammarus palustris* using a modified version of the egg-ratio method // Marine Biology. 1975. Т. 33. №. 4. С. 323-330.
3. Дулепов В.И., Дулепова Е.П., Пойс В.О. Биология и продукция ракообразных Курильских островов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 356 с.
4. Clemens H.P. Life cycle and ecology of *Gammarus fasciatus* Say // Ohio State University the Franz Theodore Stone Institute of Hydrobiology, Series of Contributions. 1950. №12. С. 1-61.
5. Hynes H.B.N. The reproductive cycle of some British freshwater Gammaridae // Journal of Animal Ecology. 1955. Т. 24. №2. С. 352–387.
6. Зыбин А.С. Биология рачка-бокоплава (*Gammarus* [*Rivulogammarus*] *lacustris* G.O. Sars) в озерах лесостепной зоны Западной Сибири // Труды Омского сельхозинститута им. С.М. Кирова, 1958. Т. 23. Вып. 3. С. 4-47.
7. Chambers M.R. The population ecology of *Gammarus tigrinus* (Sexton) in the reed beds of the Tjeukemeer // Hydrobiologia. 1977. Т. 53. С. 155-164.
8. Nilsson L.M. Incubation time, growth and mortality of the amphipod *Gammarus pulex* under laboratory conditions // Oikos. 1977. Т.29. №1. С. 93-98.
9. Fredette T.J., Diaz R.J. Life history of *Gammarus mucronatus* Say (Amphipoda: Gammaridae) in warm temperate estuarine habitats, York river, Virginia // Journal of Crustacean Biology. 1986. Т.6. №1. С. 57-78.
10. Prato E., Biandolino F., Scardicchio C. Implications for toxicity tests with amphipod *Gammarus aequicauda*: effects of temperature and salinity on life cycle // Environmental Technology. 2008. Т.29. №12. С. 1349-1356.

-
- 11.Грезе И.И. Жизненный цикл бокоплава *Gammarellus carinatus* (Rathke) в Черном море // Труды Севастопольской биологической станции АН УССР, 1964. Т. 17. С. 293-303.