

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ И ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ
НА ПАРАМЕТРЫ РОСТА МРАМОРНОГО РАКА *PROCAMBARUS VIRGINALIS*
(DECAPODA, CAMBARIDAE)**

**THE ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT TEMPERATURE
AND THE DENSITY OF THE LANDING ON THE GROWTH PARAMETERS OF
MARBLE CRAYFISH *PROCAMBARUS VIRGINALIS* (DECAPODA, CAMBARIDAE)**

**О. А. Бодиловская¹, А. П. Голубев¹,
К. В. Климова¹, К. П. Верещагина¹, А. Д. Мутин²
О. А. Bodilovskaya¹, A. P. Golubev¹,
K. V. Klimova¹, K. P. Vereshchagina², A. D. Mutin²**

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь

²Научно-исследовательский институт биологии Иркутского государственного университета,
г. Иркутск, Россия
_olga_iseu@tut.by;

¹Belarussian State University, ISEU BSU, Minsk, Republic of Belarus

²Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В экспериментах определено влияние плотности посадки особей и температуры среды (воды) на параметры роста (длительность межлиночного периода, масса особей и прирост массы после линьки) мраморного рака *Procambarus virginalis*. Выявлено, что содержание раков в малых сосудах (площадь дна 5,7 см²) негативно сказывается на их росте и в итоге приводит к гибели. Эксперимент показал, что особи *P. virginalis* из летней серии линяют чаще, чем из зимней. В среднем длительность межлиночного периода в зимнее время (17–20°C) в 1,5 больше, чем в летнее (22–30°C). При этом повышение температуры свыше 25°C приводит к увеличению межлиночного периода.

The influence of the environment temperature and the density of the landing on the growth parameters (duration of the inter-molting period, weight of individuals and weight gain after molting) of marble crayfish *Procambarus virginalis* in laboratory experiments have been estimated. It was revealed that the cultivation of crayfish in small vessels (bottom area 5.7 cm²) negatively affects their growth and ultimately leads to death. The experiment showed that individuals of *P. virginalis* from the summer series molt more often than from the winter one. Average duration of the inter-molting period in winter (17–20 °C) is 1.5 times longer than the summer (22–30 °C). In this case, temperature rise over 25 °C leads to an increase in the inter-molting period.

Ключевые слова: мраморный рак, линька, межлиночный период, рост, температура.

Keywords: marble crayfish, molting, the inter-molting period, growth, temperature.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-231-234>

Ракообразные представляют большой интерес для фундаментальных научных исследований. Изучение параметров роста и размножения ракообразных в лабораторных условиях является ценным для понимания механизмов распространения видов и сопутствующему процессу приспособления к новым условиям обитания. Примером такого распространения служит мраморный рак *Procambarus virginalis*. Этот вид вызывает особый интерес среди ученых, поскольку является единственным известным партеногенетическим видом отряда десятиногих раков. Молекулярно-генетические исследования показали, что *P. virginalis* произошел от содержащихся в аквариумах особей двуполого *Procambarus fallax* (Hagen, 1980) в результате геномной мутации. Мраморный рак широко используется для содержания аквариумистами-любителями и, время от времени, интродуцируется в естественные водоемы и садовые пруды [1, 2]. *P. virginalis* появился на территории Европы в начале 1990-х годов [3] и стал быстро распространяться благодаря способности размножаться при помощи партеногенеза [4, 5]. Инвазия *P. virginalis* может пагубно сказаться на аборигенных видах речных раков Беларуси – *Astacus leptodactylus* и *A. Astacus*.

Прогноз распространения мраморного рака и разработка методов его сдерживания в природных водоемах возможны лишь на основе надежных данных по его биологии и экологии, а также данных о диапазонах важнейших факторов среды (температура, концентрация кислорода, pH и др.), в пределах которых особи этого вида могут не только выживать, но и размножаться. *Procambarus virginalis* также является модельным видом для проведения молекулярно-генетических исследований, что подразумевает содержание особей данного вида в лабораторных условиях. При этом данных о методах культивирования явно недостаточно.

Исследования проведены с особями из лабораторной культуры мраморного рака *Procambarus virginalis*, которая содержится в МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ. Эта культура была получена в июле 2015 г. от единственной половозрелой особи.

Для исследования влияния плотности посадки на рост *Procambarus virginalis* в лабораторной культуре были использованы 35 особей в возрасте 1,5 месяца (45 суток), которых рассаднили поодиночке в сосуды с разной площадью дна, при этом уровень воды во всех емкостях был одинаковым (5 см).

Сформированы следующие группы:

- 1) 4 особи в малых сосудах с площадью дна 5,7 см²;
- 2) 11 особей в средних сосудах с площадью дна 27,4 см²;
- 3) 20 особей в больших сосудах с площадью дна 45,4 см².

Исследования по влиянию температуры среды и массы тела особей на продолжительность межлиночного периода проведены с двумя семьями мраморного рака *Procambarus virginalis*.

Семья №1 состояла из 7 особей отрожденных зимой (период исследования июль–ноябрь). Температура воды в сосудах в это время колебалась от 22 до 30°C.

В семью №2 входили 21 особь, выметанные в июне. Температура воды в сосудах в этот период (сентябрь–февраль) была в пределах 17–20°C.

Таким образом, эксперимент состоял из двух серий: летней и зимней. В летней серии раки выращивались в условиях сезонного увеличения светового дня и температуры, а в зимней – наоборот. Все особи были рассажены поодиночке в возрасте 3–4 недель в сосудах объемом 1 л (площадь дна 45,4 см²).

Особей в эксперименте кормили живыми личинками мотыля *Chironomus spp.*, корм давали с избытком. Воду в сосудах с животными меняли не реже одного раза в неделю, при этом все сосуды ежедневно просматривали и фиксировали линьки по наличию сброшенного экзоскелета. Перелинявших особей взвешивали на следующие сутки на микроаналитических весах ALS-220-4 с точностью до 0,1 мг.

Эксперимент показал, что межлиночный период у *P. virginalis* отличается высокой вариабельностью по длительности (11–64 сут.), при этом средние значения этого показателя у раков из малых сосудов (18±5,3 сут.) значительно меньше, чем из средних (30±11,8 сут.) и больших (31±11,7 сут.). Сопоставление данных о массе тела особей из всех сосудов и времени, проходящим между линьками, не выявило зависимости между этими критериями (рис. 1)

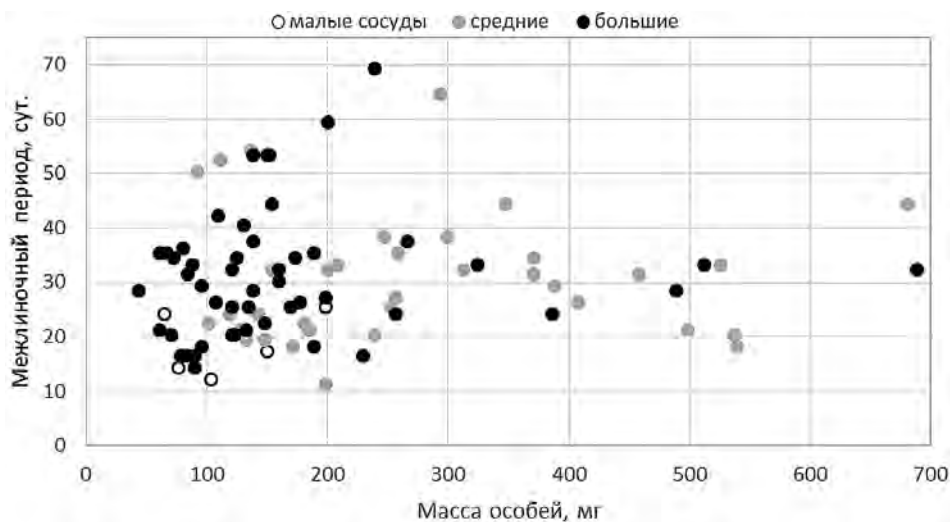


Рисунок 1 – Зависимость межлиночного периода от массы тела особей мраморного рака

В возрасте 79 суток было проведено взвешивание всех особей из эксперимента. Оно показало, что раки из малых сосудов отстают в росте от раков из средних и больших емкостей. Средняя их масса составила 56,58 ± 8,7 мг, тогда как в средних сосудах – 124,25 ± 30,1 мг, а в больших – 89,56 ± 43,1 мг. Эта разница сохранялась на протяжении почти трех месяцев, несмотря на то, что линька проходила во всех сосудах.

К возрасту 161 суток все особи из малых сосудов погибли, что может свидетельствовать о том, что условия выращивания мраморного рака при такой малой площади дна являются далекими от оптимальных и негативно сказываются на росте и выживании.

Эксперимент показал, что особи *P. virginalis* из летней серии линяют чаще чем из зимней. В среднем длительность межлиночного периода в семье №2 в 1,5 больше, чем у семьи №1 и составляла 31±11,7 и 21,6±7,8 суток соответственно.

Рост особей (увеличение массы после линьки) мраморного рака в зимней серии отличается высокой вариабельностью. Этот показатель колеблется от 3% до 160% от массы особи до линьки. В летней серии прирост составлял не менее 22 % и не более 55%. Таким образом, не смотря на более короткий межлиночный период летом, полученные данные показали, что особи из летней серии после линьки в среднем прибавляют 37% от долиночной массы, тогда как раки в зимней серии – 30%. Также, исследования показали, что в летней серии

прирост массы после линьки зависит от долиночной массы особи, т.е. чем больше особь, тем меньше массы она прибавляет (рис. 2).

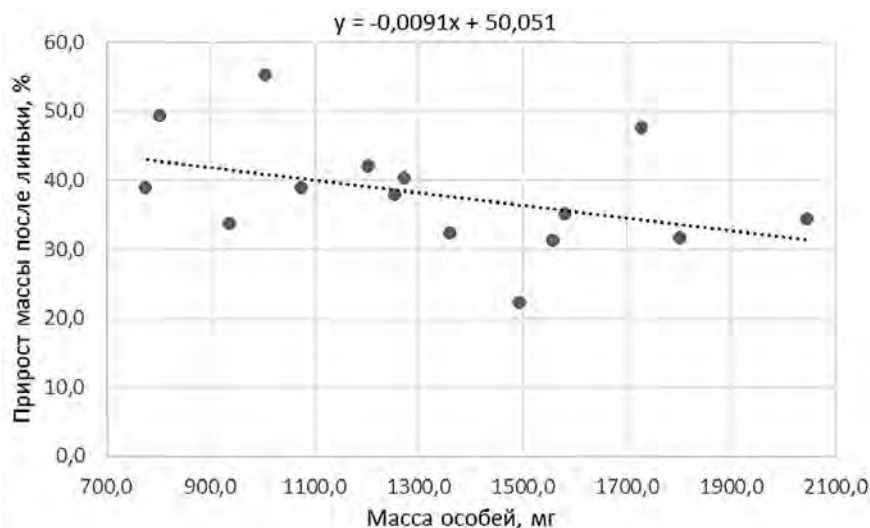


Рисунок 2 – Зависимость прироста массы тела особей мраморного рака *Procambarus virginalis* после линьки от долиночной массы особи

Увеличение температуры содержания не всегда оказывает положительный эффект на параметры роста мраморного рака. Сопоставление данных о длительности межлиночного периода и средней температуры воды в сосудах в этот период показало, что в летней серии время между линьками увеличивается с увеличением температуры (рис.3).

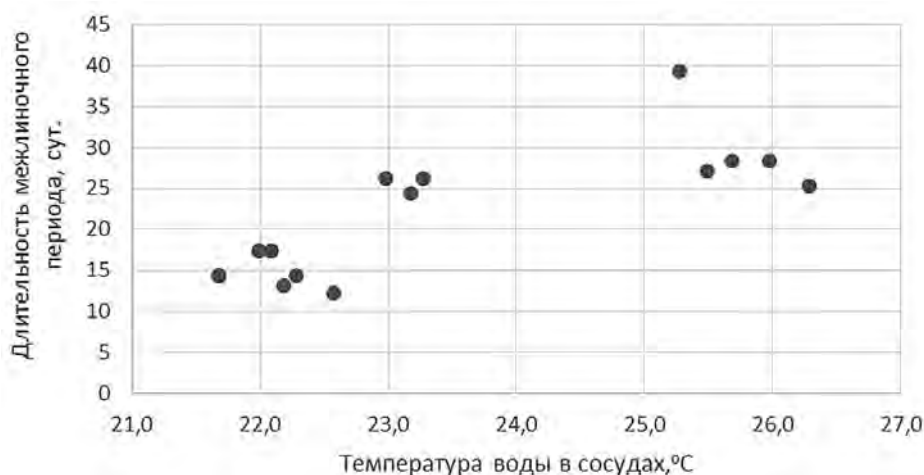


Рисунок 3 – Зависимость длительности межлиночного периода у особей мраморного рака *Procambarus virginalis* от температуры в сосудах в летней серии эксперимента

В самые долгие промежутки времени между линьками (27-39 суток) средняя температура воды в сосудах была не ниже 25 °C, тогда как при температуре 22°C межлиночный период не превышал 17 суток. Исходя из полученных результатов можно утверждать, что 22±0,5°C является оптимальной температурой для активного роста *Procambarus virginalis* в лабораторных условиях.

Одним из важнейших показателей, определяющих инвазивный потенциал биологического вида, является скорость полового созревания особей. Этот показатель в свою очередь тесно связан с соматическим ростом, который у всех десятиногих раков, в том числе и у мраморного рака *Procambarus virginalis*, происходит во время линек. Исследования показали, что температура воды оказывает влияние на длительность межлиночного периода особей *P. virginalis*. Содержание раков при температуре свыше 25 °C приводит к замедлению роста, т.е. к увеличению времени между линьками. Также показано, что особи данного вида за одну линьку увеличивают свою массу в большей степени в летний период, чем в зимний.

Исследования выполнены в рамках белорусско-российского проекта для молодых ученых «Разработка подходов к созданию лабораторных культур эндемичных амфипод озера Байкал, аборигенных и инвазивных видов амфипод и десятиногих раков Беларуси» (Б19PM-097, 2019–2021 гг.), финансировавшего Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований и Российским фондом фундаментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Chucholl, C.* Invaders for sale: trade and determinants of introduction of ornamental freshwater crayfish / *C. Chucholl.* – *Biol. Invasions*, 15, 2013. – P.125 – 141.
2. *Patoka, J.* Garden ponds as potential introduction pathway of ornamental crayfish / *J. Patoka, M. Petrtýl, L. Kalous.* – *Knowl. Manage. Aquat. Ecosyst* 13, 2014. – 414 p.
3. *Chucholl, C.* First evidence for an established Marmorkrebs (Decapoda, Astacida, Cambaridae) population in Southwestern Germany, in syntopic occurrence with *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) / *C. Chucholl, M. Pfeiffer.* – *Aquat. Invas.*, 5, 2010. – P.405 – 412.
4. Parthenogenesis in an outsider crayfish / *G. Scholtz [et al.].* – *Nature*, 421, 2003. – 806 p.
5. The enigmatic Marmorkrebs (marbled crayfish) is the parthenogenetic form of *Procambarus fallax* (Hagen, 1870) / *P. Martin [et al.].* – *Contributions to Zoology*, 79, 2010. – P.107–118.

ПРИЗЕМНЫЙ ОЗОН, АЭРОЗОЛИ И АНТРОПОГЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ. АПРЕЛЬ 2019 г.

SURFACE OZONE, AEROSOLS AND ANTHROPOGENIC POLLUTANTS IN CITIES OF BELARUS. AIPRIL 2019

V. V. Божкова, Л. М. Болотько, А. М. Людчик, С. Д. Умрейко
V. Vojkova, L. Balatsko, A. Liudchik, S. Umreika

*Белорусский государственный университет,
Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы,
г. Минск, Республика Беларусь
liudchikam@tut.by*

*Belarusian State University, National Ozone Monitoring Research Centre,
Minsk, Republic of Belarus*

Анализируется необычное поведение концентрации приземного озона над территорией Беларуси в апреле 2019 г. В этот период времени существенно менялись содержание аэрозолей в воздухе и метеорологические условия. Задачей исследования являлось выяснить факторы, оказавшие определяющее влияние на концентрацию приземного озона. Таким фактором оказалась интенсивность термической конвекции, способствующей снижению уровня антропогенного загрязнения приземного воздуха.

The unusual behavior of surface ozone concentration over the territory of Belarus in April 2019 is analyzed. During this period, the aerosol content in the air and meteorological conditions changed significantly. The objective of the study was to find out the factors that had a decisive influence on the concentration of surface ozone. Such a factor was the intensity of thermal convection, which contributes to a decrease in the level of anthropogenic pollution of surface air.

Ключевые слова: приземный озон, антропогенные загрязнители воздуха, аэрозольная оптическая толщина, термическая конвекция, вертикальная устойчивость атмосферы.

Keywords: surface ozone, anthropogenic air pollutants, aerosol optical thickness, thermal convection, vertical atmosphere stability.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-234-237>

В апреле 2019 года наблюдения за приземным озоном на территории Беларуси показали весьма необычные результаты: в первой и третьей декадах месяца наблюдались характерные для этого времени года высокие дневные концентрации озона и низкие ночные, однако во второй декаде максимальные дневные концентрации заметно снизились и повысились минимальные ночные (рис. 1). В этот период также существенно изменялась оптическая толщина атмосферных аэрозолей вследствие переноса пыли из Северной Африки или пожаров в Беларуси и близких к ней регионах. Результаты измерений аэрозольной оптической толщины на длине волны 380 нм на минской станции AERONET [1] показаны на рис. 2. Выбранная длина волны излучения приблизительно соответствует спектральной области солнечного фотохимически активного излучения в приземном слое атмосферы, приводящего к фотолизу загрязнителей атмосферы и генерации озона. В связи с этим можно предположить, что «странное» поведение приземного озона непосредственно обусловлено произошедшими в течение месяца изменениями в оптической толщине атмосферы, например, за счет изменения уровня фотохимически активного солнечного излучения у поверхности земли.

Аэрозольные частицы также способны принимать участие в химических процессах с участием озона и таким образом влиять на его концентрацию [2]. Концентрации твердых аэрозольных частиц у поверхности земли