



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



КУРЧАТОВСКИЙ
ГЕНОМНЫЙ ФОРУМ



III Международная молодежная конференция
**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

23-24 октября 2024, Обнинск,
НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ



НАУКА



National Research Centre «Kurchatov Institute»
Russian Institute of Radiology and Agroecology
of National Research Centre «Kurchatov Institute»

GENETIC AND RADIATION TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

**Proceedings
of the 3rd International Young Scientists Conference**

Obninsk, October 23-24, 2024

Obninsk
2024

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве

**Сборник докладов
III Международной молодежной конференции**

Обнинск, 23-24 октября 2024 г.

Обнинск
2024

УДК 577+57.04
ББК 28.0
Г 34

Редакционная коллегия:
О.А. Шубина, к.б.н. (*отв. ред.*), **Е.В Гордиенко**

Г 34 **Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве:** сборник докладов III международной молодежной конференции, Обнинск, 23–24 октября 2024. Обнинск: НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, 2024. – 317 с.: ил.

ISBN 978-5-903386-75-8

В сборнике представлены материалы III молодежной конференции «Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве». В 2024 году конференция проходит на площадке Курчатовского геномного форума (КурчатовГенТех-2024), одного из ключевых мероприятий Международного форума природоподобных технологий. Сборник содержит материалы по следующим направлениям: генетические технологии в сельском хозяйстве, радиационная биология, радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, фундаментальные и прикладные аспекты радиоэкологии и агроэкологии.

Ответственность за соблюдение законов об интеллектуальной собственности, достоверность приведенных сведений несут авторы публикуемых докладов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на сборник докладов обязательна.

Genetic and Radiation Technologies in Agriculture: Proceedings of the 3rd International Young Scientists Conference, Obninsk, October 23-24, 2024. Obninsk: NRC «Kurchatov Institute» – RIRAE, 2024. – 317 p.

The proceedings present the materials of the 3rd International Young Scientists Conference "Genetic and Radiation Technologies in Agriculture." In 2024, the conference is held at the Kurchatov Genomic Forum (KurchatovGenTech-2024), one of the key events of the International Forum on Nature-like Technologies. The collection includes materials on the following topics: genetic technologies in agriculture, radiation biology, radiation technologies in agriculture and the food industry, and fundamental and applied aspects of radioecology and agroecology.

Authors of published material are responsible for compliance with intellectual property laws and reliability of the information provided. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors of the publications. When reprinting, a reference to the Proceedings is obligatory.

УДК 577+57.04
ББК 28.0

ISBN 978-5-903386-75-8

© НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, 2024
© Авторы, 2024

излучения с длиной волны 254 нм наблюдается нарастающий эффект перехода оксимиоглобина в метмиоглобин для времен облучения до 20 минут. При большем времени облучения весь оксимиоглобин переходит в метмиоглобин. При дальнейшем хранении процессы порчи мяса превалируют над воздействием излучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта №22-63-00075.

Список литературы

1. Черняев А.П. Радиационные технологии. Наука. Народное хозяйство. Медицина. М.: Издательство Московского университета, 2019. 231 с.

2. Применение пучков ускоренных электронов для радиационной обработки продуктов питания и биоматериалов / А.С. Алимов [и др.] // Известия

Российской академии наук. Серия физическая. 2017. Т. 81. № 6. С. 819-823.

3. Окислительные процессы при действии ультрафиолетового излучения на красные клетки крови / Е.К. Козлова [и др.] // Медицинская физика 2. 2014. С. 63-70.

4. Физика и биофизика / В.Ф. Антонов, А.М. Черныш, Е.К. Козлова, А.В. Коржуев. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 472.

5. ИСТИНА. Спектрофотометр УФ-3000 (ТМ ЭКОВЬЮ) URL: <https://istina.msu.ru/equipment/card/615320740/> (дата обращения: 20.09.2024).

6. Hemoglobin Derivatives in Beef Irradiated with Accelerated Electrons / U. Bliznyuk [et al.] // Molecules. 2023. V. 28. P. 5773.

7. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / Под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 448 с.

MODIFICATION OF VARIOUS FORMS OF MYOGLOBIN AS A RESULT OF EXPOSURE TO ULTRAVIOLET RADIATION AND STORAGE FOR 8 DAYS

Kuzunova E.A.^{1,3}, Bliznyuk U.A.^{1,3}, Chernyaev A.P.^{1,3}, Borshchegovskaya P.Y.^{1,3}, Rodin I.A.^{2,4}, Toropygin M.I.⁴, Ipatova V.S.¹, Zolotov S.A.¹, Kozlov E.K.^{1,4}

¹ Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Lomonosov Moscow State University (Faculty of Physics), Leninskie Gory 1, bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119991

² Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Lomonosov Moscow State University (Faculty of Chemistry), Leninskie Gory 1, bld. 3, Moscow, Russian Federation, 119991

³ Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1, bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119991

⁴ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Trubetskaya st. 8, bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119991

The paper presents the results of a study of the development of oxidative processes in myoglobin under the influence of radiation on different days of storage of beef muscle tissue. It has been shown that an increase in the time of ultraviolet irradiation at a wavelength of 254 nm to 30 minutes and the duration of sample storage up to 8 days accelerates the formation of metmyoglobin from oxymyoglobin. The main changes as a result of UV exposure occur in the early stages of storage, in the first four days, when the processes of tissue damage are still insignificant, and the effect is stronger the longer the exposure time. During further storage, the change in the forms of myoglobin as a result of oxidation due to storage prevails.

Keywords: ultraviolet radiation, oxidative processes, myoglobin, oxymyoglobin, metmyoglobin

The method of radiation treatment of food products, in particular meat, to extend the shelf life and ensure quality, has proven itself well on the world market. In this paper, the model effect of the influence of ultraviolet (UV) radiation on oxidative processes in myoglobin is studied. The experimental results showed that UV radiation, acting on myoglobin, leads to the oxidation of iron molecules contained in the protein, which leads to a decrease in the concentration of oxymyoglobin MbO₂ and an increase in the concentration of

metmyoglobin (metMb), and manifests itself in a change in the color of the solution.

An assessment of changes in the shape of myoglobin was carried out depending on the time of irradiation on different days of storage (for 8 days). The concentration of metmyoglobin increased both with increasing exposure time and with the duration of sample storage. Indicators of oxidative processes in non-irradiated samples indicate a significant influence of bacterial activity and reactive oxygen species.

The transition of MbO₂ to (metMb) occurred already with a relatively short irradiation time (30 minutes). UV radiation accelerated the transition from one form of protein to another, especially during the first 4 days of storage, when the destructive processes from tissue damage were still insignificant.

With an increase in the storage time of meat, the influence of destructive processes became more

pronounced, and after 4 days, the processes of spoilage of meat prevailed over the effects of radiation.

This work contributes to the understanding of the processes occurring in biomolecules during their oxidation as a result of exposure to radiation at different time periods, including for planning food processing, their safety and quality preservation.

УДК 519.635.8: 519.682.3: 57.032: 57.038

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ «ХИЩНИК-ЖЕРТВА» ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРЫ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB

Кусак А.А.^{1,а}, Борщеговская П.Ю.^{1,2}, Никитченко А.С.¹, Ипатов В.С.², Близнюк У.А.^{1,2},
Черняев А.П.^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (Физический факультет), 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Российская Федерация

e-mail: ^а kusak.aa22@physics.msu.ru

В настоящее время поведение биологических объектов описывается различными математическими моделями. В частности, одной из самых известных и фундаментальных моделей является система уравнений Лотки-Вольтерры. В этой работе были изучены основные детали и принципы построения математических моделей, особенно модель «Хищник-жертва» Лотки-Вольтерры. Решение системы уравнений было реализовано в программном пакете MATLAB с помощью численного метода Рунге-Кутты 4 порядка, с возможностью нахождения параметров системы при вводе экспериментальных данных для проверки соответствия с теорией.

Keywords: математическая модель, биология, радионуклиды, модель Лотки-Вольтерры «Хищник-жертва», MATLAB

Модель «Хищник-Жертва» является важной и нужной во многих научных задачах. Например, в биологии, где надо оценить конкурирующее поведение различных популяций микроорганизмов или распространение радионуклидов в среде [1]. Вдобавок систему уравнений Лотки-Вольтерры можно использовать в медицине для оценки конкурирующей способности раковых клеток [2].

Под моделью обычно понимают материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания замещает исходный объект наблюдения – оригинал, сохраняя некоторые важные его черты [3]. По Ляпунову моделирование – это теоретическое исследование объекта, при котором изучается некоторая вспомогательная искусственная система, включающая в себя все необходимые свойства объекта в условиях поставленной задачи исследования.

Математическое моделирование в медицине направлено на изучение физиологических процессов в организме человека в норме и патологии с помощью математических образов. Возможны как

персонализированные, так и осредненные по популяции математические модели. Персонализированные модели используются для диагностики или прогноза результата лечения конкретного пациента, а осредненные модели – для выявления новых взаимосвязей, вытекающих из физических и/или физиологических законов, положенных в основу примера [4]. В то время как моделирование в иммунологии направлено на изучение инфекционных и иммунно-физиологических процессов в организме человека и на поиск эффективных управляющих воздействий на инфекционные процессы для построения действенных методов терапии. В эпидемиологии – на изучение распространения заболеваний в человеческой популяции и управляющие воздействия противоэпидемических мероприятий.

В данной работе были исследованы различные применения математического моделирования в биологии и медицине, а также была создана компьютерная программа для подсчета параметров системы на основе уравнений «Хищник-жертва» Лотки-

Вольтерры. Программа была реализована в пакете MATLAB.

Данную модель независимо придумали Альфред Джеймс Лотка (1925) и Вито Вольтерра (1926). Лотка А.Д. предложил идею в исследовании автокаталитических реакций (1910), а затем расширил для анализа взаимоотношений «Хищник-жертва» в своей публикации «On the true rate of natural increase as exemplified by the population of the United States» (1925). Та же система уравнение была опубликована Вито Вольтеррой в 1926 [5] для объяснения необычной закономерностей популяции рыб в Адриатическом море, обнаруженной во время Первой Мировой войны.

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = N(a - bP) & (1) \\ \frac{dP}{dt} = P(cN - d) & (2) \end{cases},$$

где a – коэффициент рождаемости жертв, d – коэффициент убыли в единицу времени в единицу времени. Вклад в рост скорости численности хищника регулируется параметром c , соответственно b регулирует сокращение численности жертв из-за влияния хищников.

В уравнениях популяционной динамики, как и в уравнениях химической кинетики, используется «принцип соударений», когда скорость реакции пропорциональна произведению концентраций

реагирующих компонентов. Согласно представлениям химической кинетики, скорость бимолекулярной реакции взаимодействия двух веществ пропорциональна вероятности столкновения этих веществ, т.е. произведению их концентрации. Точно так же, в соответствии с гипотезами Вольтерра, скорость размножения хищников (гибели жертв) пропорциональна вероятности встреч особей хищника и жертвы, т.е. произведению их численностей. Такое сходство уравнений в химических и экологических моделях позволяет применить для математического моделирования кинетики популяций те же методы исследований, что и для систем химических реакций [6].

Программа выполняет 2 противоположные задачи: моделирует теоретическую зависимость относительных единиц от времени по заданным параметрам системы и подсчитывает коэффициенты согласно входным экспериментальным данным, чтобы проверить соответствие с теорией.

Решения системы уравнений «Хищник-жертва» были получены с помощью численных методов: метод Рунге-Кутты 4 порядка. Для аппроксимации входных данных была использована внутренняя функция пакета MATLAB `lsqnonlin` (`fun, x0, [], [], options`); Она решает задачи аппроксимирования кривыми нелинейного метода наименьших квадратов [7].

Листинг кода с функцией `lsqnonlin`(...)

```
fun=@(x)MySolver(t_exp2,x(1),x(2),x(3),x(4),[x(5);x(6);])-y_exp2; % задаем целевую функцию
x0=[2.0,0.11,0.008,0.08,20,24]; % начальная аппроксимация
options = optimoptions('lsqnonlin','Algorithm','trust-region reflective','Display','iter', 'FunctionTolerance',0.0000000000000001);
x = lsqnonlin(fun,x0,[],[],options); % решаем
```

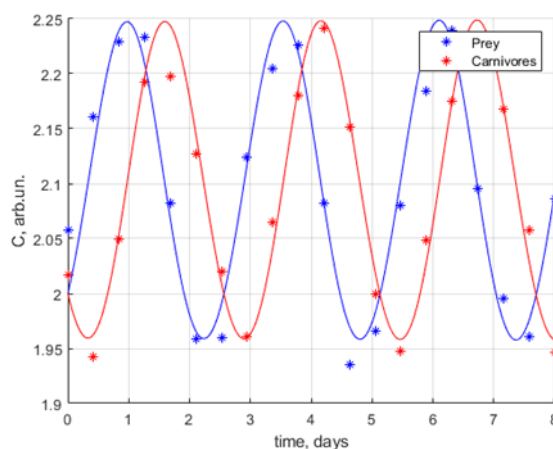


Рисунок 1. Зависимость относительных единиц от времени: по заданным коэффициентам (линии), по входным данным (точки)

На рисунке 1 представлен результат работы 2-х частей программы. Теоретическая зависимость по фиксированным параметрам и реализация подсчета параметров по входным данным с ошибкой 1 %. Различия составили менее 3-4 %, что говорит о

качественной работе алгоритма. Для подтверждения применимости метода были использованы экспериментальные данные из книги «The struggle for existence» by G. F. Gause [8]. После чего проводилось их сопоставление с теоретической зависимостью.

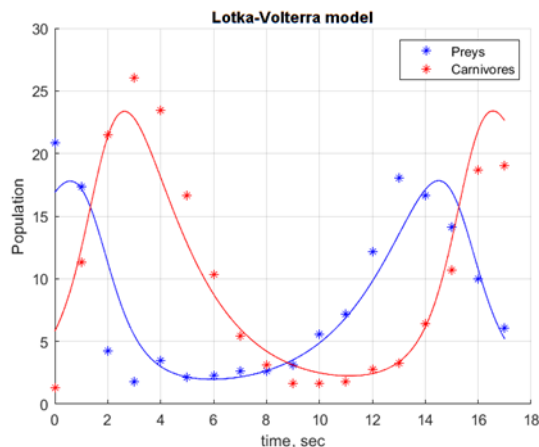


Рисунок 2. Зависимость численности от времени двух видов: хищник – *PARAMECIUM BURSARIA*, жертва – *Schizosaccharomyces pombe*

На рисунке 2 представлен результат работы программы с экспериментальными входными данными. Были получены необходимые колебания и качественная зависимость популяций от времени. Различия в амплитудах популяции двух видов и сдвиг по фазе обусловлены физическими причинами: хищнику необходимо «догнать» жертву и при большом потреблении популяция растет по закону Мальтуса, а затем резко убывает. Ниже представлены значения аппроксимированных параметров в единицу времени.

$$a = 0.4023 \quad b = 0.0446$$

$$c = 0.0628 \quad d = 0.04523$$

Доказана валидация модели, соответственно стало возможно производить анализ различных систем из 2 объектов эксперимента на применимость уравнений Лотки-Вольтерры для их описания. Благодаря простоте математической постановки системы уравнений «Хищник-жертва» мы можем добавлять новые параметры, выражающие зависимость от внешних факторов (давление, облучение) тем самым дополняя модель и открывая дополнительные возможности для исследования в биологии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-63-00075.

Список литературы

1. Сазыкина Т.Г., Крышев А.И., Крышев И.И. Моделирование радиоэкологических процессов в окружающей среде. М.: ООО «Маска», 2022. 638 с.
2. Fornalski Krzysztof. Radiation and evolution: From Lotka-Volterra equation to balance equation // International Journal of Low Radiation. 2016. V. 10. PP. 222-233. DOI: 10.1504/IJLR.2016.081460.
3. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 112 с.
4. Математическое моделирование в медицине, иммунологии и эпидемиологии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.inm.ras.ru/kaf-vtmgb/bio/> (дата обращения 04.10.2024).
5. Volterra V. Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi // Mem. Accad. naz. Lincei. Ser. 6. 1926.
6. Ризниченко Г.Ю. Курс лекций: математические модели в биологии и медицине.
7. Mathworks. Help center: lsqnonlin. URL: <https://se.mathworks.com/help/op-tim/ug/lsgnonlin.html> (дата обращения 04.10.2024)
8. Gause G.F. The struggle for existence. The WILLIAMS & WILKINS COMPANY, 1934.

MODELING OF THE SYSTEM OF PREDATOR-PREY EQUATIONS BY LOTKA-VOLTERRA IN THE MATLAB SOFTWARE PACKAGE

Kusak A.A.¹, Borshchegovskaya P.Yu.^{1,2}, Nikitchenko A.D.¹, Ipatova V.S.², Bliznyuk U.A.^{1,2}, Chernyev A.P.^{1,2}

¹ Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Lomonosov Moscow State University (Faculty of Physics), Leninskie Gory 1, bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119991

² Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1, bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119991

Currently, the behavior of biological objects is described by various mathematical models. In particular, one of the most famous and fundamental models is the Lotka-Volterra equation system. In this work, the basic details and principles of building mathematical models were studied, especially the Lotka-Volterra «Predator-Prey» model. The solution of the system's equations was implemented in the MATLAB software package using the Runge-Kutta numerical method of the 4th order, with the possibility of finding the parameters of the system when entering experimental data to verify compliance with the theory.

Keywords: *mathematical model, biology, radionuclides, Lotka-Volterra Predator-Prey model, MATLAB*

The Predator-Prey model is important and necessary in many scientific tasks. For example, in biology, where it is necessary to evaluate the competing behavior of different populations of microorganisms or the spread of radionuclides in the environment [1]. In addition, the Lotka-Volterra equation system can be used in medicine to assess the competing ability of cancer cells [2].

In this paper various applications of mathematical modeling in biology and medicine were investigated, and a computer program was created to calculate the parameters of the system based on the Lotka-Volterra «Predator-Prey» equations. The program was implemented in the MATLAB package.

УДК 539.1.06

ВЛИЯНИЕ ПУЧКОВ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БЕЛКОВЫЕ МОЛЕКУЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ПЕЧЕНИ ИНДЕЙКИ

Межетова И.Т.^{1,а}, Близнюк У.А.¹, Борщеговская П.Ю.^{1,2}, Беклемишев М.К.³, Черняев А.П.^{1,2}, Родин И.А.³

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (Физический факультет), 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (Химический факультет), 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3, Российская Федерация
e-mail: ^а mezhetova.it19@physics.msu.ru

В данной работе исследовалась перспективность использования активности ферментов в качестве маркеров радиационной обработки печени индейки. Для этого проводился поиск индикаторных реакций для следующих ферментов: каталаза, щелочная фосфатаза, катепсин D. В проведенном исследовании каталаза показала наибольший потенциал для использования в качестве маркера радиационной обработки, так как реакция данного фермента с перекисью проходила по разному в образцах, облученных пучком электронов в дозах 0 Гр, 100 Гр, 1 000 Гр. Данная