

- университета им. В.Н. Каразина. Серия "Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизация систем управления". - 2008. - № 833. - С. 27-38.
5. Bepalov Yu., Gorodnyanskiy I., Zholtkevych G., Zaretskaya I., Nosov K., Bondarenko T., Kalinovskaya K., Carrero Y. Discrete Dynamical Modeling of System Characteristics of a Turtle's Walk in Ordinary Situations and After Slight Stress [Текст] / Yu. Bepalov, I. Gorodnyanskiy, G. Zholtkevych, I. Zaretskaya, K. Nosov, T. Bondarenko, K. Kalinovskaya, Y. Carrero // Бионика интеллекта. - 2011. - № 3 (77). - С. 54 – 59.

### DISCRETE DYNAMICAL MODEL OF BIOMECHANICS OF TURTLES MOVEMENT AFFECTED BY VITAMIN DEFICIENCY

**Grigoriev A.Ya.**

Kharkiv State Veterinary Academy, Kharkiv

*The work aims to study the effect of vitamin deficiency caused by disturbance of normal conditions of solar radiation on biomechanics of movement of steppe turtles *Agrionemus horsfield* with use of the discrete modeling of dynamical systems and digital photography.*

*The methods of work are based on building of discrete dynamical models and their identification using an actual material obtained by digital photography of two groups of turtles of species *Agrionemus horsfield* in terrariums. The first group comprises healthy animals, the second – animals exposed to vitamin deficiency due to disturbance of normal conditions of sunlight. Photos have been taking in conditions that simulated conditions of photographing from a board of light UAVs.*

*As components of the dynamical system, which require identification, were selected normalized parameters reflecting the positions of animals extremities on photos.*

*The obtained results allowed to identify characteristic features of cycles of movement for healthy and sick turtles. That is, it was found that the movement of healthy turtles are more stable. It is characterized by a larger number of control points of extremities. Since the object of study is the terrestrial turtles that live in open areas, the use of remote sensing of animals is very convenient to use. But for large areas it is sometimes technically difficult to fix all phases of slow movement of such animals as like turtles. The discrete modeling of dynamical systems allows to avoid such complications, since as input data of the method may be used a series of photos of successive phases of movement, but only one photo, which fixes a group of animals in different phases of movement. Additionally, the practical implementation of this work demonstrated that the identification of discrete dynamical models require images without small details, having only silhouettes. Of course, it also extends the application of remote monitoring.*

*With the use of obtained results the system parameters may biomechanics of the turtles movement can be found. These parameters can be used for remote diagnostics of influence factors of global climate changes on physiological state of animals.*

**Keywords:** discrete dynamical systems modeling, biomechanics, remote methods, digital photography, turtles, avitaminosis.

УДК 574:004.942

### ДИСКРЕТНЫЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ

**Григорьев А.Я.**

Харьковская государственная зооветеринарная академия,  
г. Харьков, e-mail: kharkovzoo2010@gmail.com

**Жолткевич Г.Н., Носов К.В., Гамуля Ю.Г., Беспалов Ю.Г.**

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, г. Харьков

**Высоцкая Е.В., Печерская А.И.**

Харьковский национальный университет радиозлектроники, г. Харьков

*Построены дискретные динамические системы гомеостатических механизмов экосистемы пруда Харьковского зоопарка, в который была интродуцирована *Pistia stratiotes*. Определена взаимосвязь между процессами продуцирования живой биомассы, ее отмирания, разложения и нарушением стабильности гидробиоценоза.*

**Ключевые слова:** гидробиоценоз, гомеостатические механизмы, дискретное моделирование динамических систем, пистия.

Многие проблемы биобезопасности, приобретающие все большую актуальность, тесно связаны со стабильностью экосистем, наличием в них эффективных механизмов гомеостаза, препятствующих всплескам численности отдельных видов живых организмов, в том числе и таких, которые могут нанести существенный вред здоровью и хозяйственной деятельности человека [1, 2]. Стабильность гидробиоценозов водоемов и водотоков, используемых для разных видов водопотребления, в том числе – в агрокомплексе, приобретает особое значение, в частности в связи с профилактикой

инфекционных болезней животных. Глобальные климатические изменения, нарушающие условия, в которых сформировались действующие в водных экосистемах гомеостатические механизмы, придают особую остроту проблеме.

Актуальность данного исследования может быть подтверждена прецедентом 2013 года, когда летом произошло массовое развитие в реке Северский Донец в районе села Гайдары (Змиевской район, Харьковская область, Украина) тропического водного растения пистии (*Pistia stratiotes*). Незначительные (по-видимому, попавшие в реку из аквариумов и декоративных бассейнов) количества этого растения в течение одного вегетационного сезона вызвали вспышку биомассы, возможные последствия отмирания которой вызывают серьезные опасения у экологов. Такая вспышка возможна лишь в случае, когда не работают или существенно ослабляются гомеостатические механизмы, препятствующие нарушающему стабильность гидробиоценоза, не контролируемому отрицательными обратными связями в экосистеме, экстремальному росту продуктивности отдельных видов, входивших ранее в состав гидробиоценоза или являющихся, как пистия в данном случае, видами-вселенцами. Ситуация в прудах Харьковского зоопарка, в которые пистия в это же время была вселена, иллюстрирует эффект работающих в гидробиоценозе гомеостатических механизмов: пистия получила в прудах значительное развитие, не имевшее однако характера вспышки биомассы.

**Цель работы.** Целью исследования является изучение гомеостатических механизмов путем вскрытия структуры обратных связей, определяющих характер динамического равновесия в экосистеме. Это представляется возможным путем применения метода дискретных моделей динамических систем – ДМДС [3, 4, 5, 6]. Данный подход рассматривает природную (экологическую, биологическую) систему как динамическую систему, состоящую из нескольких взаимодействующих компонентов. Предполагается, что между компонентами возможны следующие типы отношений: (0,0), (0,+), (0,-), (-,+), (-,-), (+,+), сам же компонент может оказывать на себя только симметричное воздействие, т.е. воздействие типов (0,0), (-,-), (+,+).

На основе наблюдений за параметрами системы (компонентами), данная модель позволяет определить структуру отношений между компонентами системы, а затем построить траекторию системы, определяя, таким образом, ее динамику. Полученная траектория отражает цикл изменений значений компонент, выражаемых в условных баллах, в течение определенного числа шагов, соответствующего условной длительности цикла. При этом изменение значений компонент от предыдущего шага к текущему определяется структурой матрицы отношений и значениями компонент на предыдущем шаге.

Предметом настоящей работы является построение дискретной динамической модели гомеостатических механизмов, обеспечивающих стабильность гидробиоценоза, препятствующих вспышке в нем численности вида-вселенца, в данном случае *Pistia stratiotes*.

**Материалы и методы.** В один из прудов Харьковского зоопарка, площадью 300 м<sup>2</sup> в середине июля 2013 года была интродуцирована пистия, занимавшая до начала сентября от 5 до 15 % зеркала пруда.

Для решения поставленной задачи в качестве исследуемых компонент были выбраны спектральные характеристики гидробиоценоза пруда, значения которых вычислялись на основе цифровой фотосъемки. С начала июня по конец августа 2013 года осуществлялась цифровая фотосъемка белого диска диаметром 100 мм, погруженного на глубину 200 мм в воду этого пруда, при естественном солнечном освещении. В результате компьютерной обработки полученных цифровых фотографий с пакета MATLAB осуществлялось определение цвета каждого пикселя в шкале RGB – красного, зеленого и синего, среднего значения по каждому цвету R, G, B на изображении и анализ их соотношений. С некоторым огрублением мы принимали, что отношение G/B отражает количество хлорофилла (КХ), отношение (G+R)/B отражает суммарное количество хлорофилла и других растительных пигментов (СП), отношению желто-красных пигментов к хлорофиллу (ОХП) соответствует значение выражения R/G. В соответствии с этим принималось, что КХ отражает количество активно фотосинтезирующих водорослевых клеток фотопродукторов, ОХП – отношение старых и мертвых клеток к активно фотосинтезирующим, СП – суммарное количество тех и других.

В соответствии с моделью ДМДС корреляционная матрица синтезированных компонент гидробиоценоза пруда КХ, СП и ОХП дополнялась латентной компонентой (ЛК). Значение корреляции ЛК с остальными компонентами принималось равным нулю. Предполагалось, что в ряде случаев этим нулевым корреляциям соответствуют непосредственные или опосредованные отношения типа (+,-), обеспечивающие поддержание динамического равновесия в состоянии гидробиоценоза, при котором мала вероятность вспышки биомассы какого-то одного вида. Модель ДМДС строилась с использованием подхода на основе закона Либиха: по умолчанию, при отсутствии уменьшающих или стабилизирующих влияний на компоненту ее значение от предыдущего шага к текущему растет; при наличии хотя бы одного понижающего влияния – убывает; при отсутствии понижающих влияний и наличии хотя бы одного стабилизирующего – стабилизируется.

**Результаты исследования.** Была получена динамическая модель системы, отражающая цикл изменений компонент гидробиоценоза, причем длина цикла равнялась восьми условным шагам по времени. Траектория синтезированной системы представлена в таблице 1.

Для полученной траектории характерно совпадение по фазе изменений значений в баллах КХ, ОХП и СП. С полностью совпадающими в цикле максимумами значений этих компонент непосредственно соседствует максимум значения ЛК (максимум ЛК совпадает с началом возрастания значений КХ, СП и ОХП).

**Таблица 1** – Траектория ДМДС гидробиоценоза пруда с пистией; значения компонент даны в баллах (1 балл – низкое, 2 – среднее, 3 – высокое), максимумы выделены жирным шрифтом

Компоненты	Значения компонента в баллах							
	1	1	1	2	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	2
КХ	1	1	1	2	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	2
ОХП	1	1	1	2	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	2
СП	1	1	1	2	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	2
ЛК	1	2	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	2	1	1
Номера условных шагов по времени	1	2	3	4	5	6	7	8

Такой результат объясняется предположением, согласно которому указанное совпадение по фазе отражает состояние быстро устанавливающегося динамического равновесия между процессами продуцирования живой биомассы, ее отмирания и разложения. Состояние, при котором маловероятно преобладание одного из этих процессов, в частности такое, при котором произойдет накопление питательных веществ фотопродуцентов, создает предпосылки к вспышке биомассы, подобной вышеупомянутой вспышке биомассы *Pistia stratiotes* в Северском Донце. Как отмечалось выше, такой вспышки в исследуемом пруду не отмечалось, хотя пистия получила в нем заметное развитие. Наблюдаемые в полученной структуре модели отношения типа (+,-) между СП и ЛК могут быть истолкованы как проявление работы гомеостатических механизмов, поддерживающих состояние динамического равновесия фитопланктона и необходимых для его развития форм биогенов – питательных веществ, которым (в данном случае, предположительно) отвечает ЛК.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Полученные результаты, рассматриваемые авторами как предварительные, говорят о том, что ДМДС является перспективным инструментом исследования механизмов гомеостаза водных экосистем, в том числе и аспектов этих механизмов, имеющих практическое значение для предотвращения инфекционных болезней животных. Выбранная в качестве модельного объекта *Pistia stratiotes* является далеко не единственным и далеко не самым опасным организмом, вспышка биомассы которого способна вызвать связанный с возможностью болезней животных и людей риск ухудшения условий водопотребления. Более того, она может быть использована для подавления развития других, более опасных, организмов. В связи с этим возможность изучения с помощью ДМДС широкого класса системных факторов, определяющих возможность быстрого наращивания биомассы фотопродуцентов в гидробиоценозе, представляется целесообразной и имеющей определенную практическую ценность. Необходимость таких исследований может возникнуть на больших площадях труднодоступной местности, в связи с чем исследуемые спектральные характеристики гидробиоценоза целесообразно получать с помощью дистанционных (аэрокосмических) методов.

#### Список литературы

1. Bartsch, D., Schuphan, I. Lessons we can learn from ecological biosafety research [Текст] / D Bartsch, I. Schuphan // Journal of Biotechnology. - 2002. - V. 98. - Issue 1. P. 71-77.
2. Altieri, M. A., Nicholls, C. I. Biodiversity and pest management in agroecosystems [Текст] / M. A. Altieri, C. I. Nicholls. - CRC Press, 2004. 256 p.
3. Zholtkevych, G.N., Bespalov, G.Yu., Nosov, K.V., Mahalakshmi, Abhishek. Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Antropogeneous Eutrophication [Текст] / G. N. Zholtkevych, G. Yu. Bespalov, K. V. Nosov, Abhishek Mahalakshmi // [Acta Biotheoretica](#). - 2013. - V. 61. - Issue 4. - P. 449-465.
4. Беспалов Ю. Г., Дереча Л.Н., Жолткевич Г.Н., Носов К.В. Дискретная модель системы с отрицательными обратными связями [Текст] / Ю. Г. Беспалов, Л. Н. Дереча, Г. Н. Жолткевич, Носов К.В. // Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия "Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизация систем управления". - 2008. – № 833. – С. 27-38.
5. Bespalov Yu., Gorodnyanskiy I., Zholtkevych G., Zaretskaya I., Nosov K., Bondarenko T., Kalinovskaya K., Carrero Y. Discrete Dynamical Modeling of System Characteristics of a Turtle's Walk in Ordinary Situations and After Slight Stress [Текст] / Yu. Bespalov, I. Gorodnyanskiy, G. Zholtkevych, I. Zaretskaya, K. Nosov, T. Bondarenko, K. Kalinovskaya, Y. Carrero // Бионика интеллекта. - 2011. - № 3 (77). - С. 54 – 59.
6. Беспалов Ю. Г., Жолткевич Г. Н., Кислова О. Н., Носов К. В., Шпорт А. М. Внедрение интеллектуального анализа данных в социальные исследования: дискретная динамическая модель переселения украинских крестьян в Сибирь в конце XIX – начале XX столетия [Текст] / Ю. Г. Беспалов, Г. Н. Жолткевич, О. Н. Кислова, К. В. Носов, А. М. Шпорт // Научное онлайн издание «СОЦИОПРОСТІР». - 2011. - № 2. - С. 7-13.

DISCRETE MODELS OF DYNAMIC SYSTEMS THAT DETERMINE  
THE HYDROBIOCENOSIS STABILITY

Grygoryev A.Ya.

Kharkov State Zooveterinary Academy, Kharkov

Zholtkevych G.N., Nosov K.V., Gamulya Yu.G., Beshpalov Yu.G.

V.N. Karazin Kharkov National University, Kharkov

Visotska E.V., Pecherska A.I.

Kharkov National University of Radioelectronics, Kharkov

*This work aims to study the structure of feedbacks for homeostatic mechanisms that provide the hydrobiocenosis stability. The aim is achieved by construction of a dynamical model of the eco-system by the method of discrete modeling of dynamical systems (DMDS).*

*Materials and methods. For investigation of homeostatic mechanisms the spectral optical properties of hydrobiocenosis of a reservoir was used. The properties are calculated on the basis of digital photography. In the color scale RGB were calculated the values  $G/B$ ,  $(G + R)/B$  and  $R/G$ . These values are interpreted as amounts of chlorophyll, total amount of chlorophyll and other plant pigments, the ratio of yellow-red pigments to chlorophyll correspondingly. These three components were supplemented by a latent component, for which the correlation with the rest is taken as zero.*

*The results of the study allowed to explain a hypothesis concerning the matching of phases of parameter values, which correspond to the values of  $G/B$ ,  $(G + R)/B$ , and  $R/G$ . In particular, from this it follows that the probability for nutrient accumulation of photoproducents, that creates conditions for the outbreak of biomass, is small. The relationship of type (+,-), observed in the revealed structure of the model, between a total amount of chlorophyll and other plant pigments and the latent component can be interpreted as a manifestation of homeostatic mechanisms, that support the state of dynamical equilibrium of phytoplankton, and forms of biogens required for phytoplankton's development. Mentioned biogens are nutrients, which hypothetically correspond to the latent component.*

*Conclusions. Obtained preliminary results allow to assume that the DMDS is a promising tool for study of mechanisms of homeostasis of aquatic ecosystems. Pistia stratiotes selected as a case study, can be used for suppression of development for more dangerous organisms. In this regard the DMDS allows to explore a wide range of systemic factors that determine a quick increase of biomass of photoproducents in hydrobiocenosis. Similar research may be needed for large hard-to-reach areas, because in this case the spectral characteristics of hydrobiocenosis can be obtained by remote (aerospace) methods.*

**Keywords:** hydrobiocenosis, homeostatic mechanisms, discrete modeling of dynamical systems, pistia.

УДК 619:615.9:577.1:616.151:639.3

ГОСТРА ТОКСИЧНІСТЬ ДІФЛЮБЕНЗУРОНУ ДЛЯ РИБ ТА ЙОГО ВПЛИВ  
НА ДЕЯКІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ

Євтушенко А.В., Коваленко Л.В., Євтушенко І.Д., Кротовська Ю.М.

Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини»,  
м. Харків, e-mail: aevt@inbox.ru

*Визначено показники токсичності діфлюбензурону для коропа:  $LC_{50}$ –75,21 ± 3,77 мг/дм<sup>3</sup>;  $LC_{16}$ –58,35 мг/дм<sup>3</sup>;  $LC_{84}$ –92,07 мг/дм<sup>3</sup>;  $LC_{100}$ –100,49 мг/дм<sup>3</sup>, які вказують, що препарат є помірнотоксичним для риб. Встановлено, що за умов концентрації у воді діфлюбензурону на рівні 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, що у 5 разів перевищує лікувальну, достовірних змін показників вмісту загального білку, його фракцій, рівня циркулюючих імунних комплексів, серумокоїдів, гемоглобіну та кількості еритроцитів не відбувається.*

**Ключові слова:** діфлюбензурон, риба, летальна концентрація, токсичність, кров, біохімія

Одним із препаратів, що відноситься до класу інсектицидів є діфлюбензурон ([3-(2,6-дифтробензоил)-1-(4-хлорфенил)-сечовина]). Механізм дії препарату – інгібітор розвитку хітину комах. Діфлюбензурон є малотоксичним для теплокровних,  $LD_{50}$  коливається в межах 2150–4640 мг/кг.

Даний препарат широко застосовується у сільському господарстві для боротьби з комарами та шкідниками садів і лісу. Препарати на основі діфлюбензурону завдяки малотоксичності, їх безпечності для навколишнього середовища та високої біологічної активності рекомендовані ВООЗ для широкого застосування.

По відношенню дії діфлюбензурону на гідробіонтів у літературних джерелах наведені різні дані. Автори повідомляють, що 28 г/га діфлюбензурону не спричиняє негативної дії на гідробіонтів. Інші дослідники свідчать, що застосування діфлюбензурону у дозах 11,0–18,5 г/га має негативний вплив на розвиток Soropoda, личинок жуків і спричиняє загибель усіх видів водяних бліх, а 60 г/га зменшує чисельність і затримує розвиток хірономід.