

languages, algorithms, state machines, systems of pattern recognition, designing of compilers, bases of data and knowledge, and other applications of artificial intelligence.

The goal of this research is to construct a hybrid grammatical structure which allows to generalize and extend both grammatical structures with operations of substitution, matrix substitution, homomorphism and intelligent systems with the operations of substitution and logical syllogisms.

The formal hybrid system is constructed in two stages. At the first stage, the formal structure of knowledge is determined as an element of the grammatical structure carrier. And at the second stage, the formal grammatical system is determined with the logical conclusion. The formal structure of knowledge is based on the production approach of knowledge representation as a subjective formal constructive system. The system is constructed on the dictionary of notions using the proposed semiotics of formation formulas of knowledge. The set of formulas of knowledge forms an infinite knowledge base. The construction of the formal grammatical system with the conclusion is implemented on the formal structure of knowledge using the technique for the identification of the formal language based on a combination of logical syllogisms and operations of substitutions.

The formal grammatical system with logical conclusion can be used in the designing and synthesis of state machines and other objects of artificial intelligence

**Keywords:** grammatical structure, knowledge representation, hybrid structure, syllogism, grammatical conclusion, formal language

Розглядається інформаційна технологія комплексної оцінки процесів старіння біологічних організмів (біологічних систем) на основі ідей методу аналізу ієрархій. Інформаційна технологія дозволяє визначати найбільш інформативні кількісні характеристики старіння класу біологічних організмів, що розглядається, і на їх основі - інтегральні характеристики системного старіння біологічних організмів, комплексну оцінку процесів старіння організму в цілому, їх динамічні особливості

Ключові слова: біологічний організм, старіння, інформаційна технологія, метод аналізу ієрархій, експерт, комплексна оцінка, інтегральні характеристики

Рассматривается информационная технология комплексной оценки процессов старения биологических организмов (биологических систем), основанная на идеях метода анализа иерархий. Информационная технология позволяет определять наиболее информативные количественные характеристики старения рассматриваемого класса биологических организмов и на их основе - интегральные характеристики системного старения биологических организмов, комплексную оценку процессов старения организма в целом, их динамические особенности

Ключевые слова: биологический организм, старение, информационная технология, метод анализа иерархий, эксперт, комплексная оценка, интегральные характеристики

УДК 51-76

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ СТАРЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ

**Н.Д. Гернет**

Старший научный сотрудник\*

E-mail: nadezhdadg@yandex.ru

**А.И. Божков**

Доктор биологических наук, профессор

Кафедра молекулярной биологии и

биотехнологии

Директор\*

Контактный тел.: (057) 707-53-40

E-mail: bozhkov@univer.kharkov.ua

\*НИИ биологии

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022

## 1. Введение

В настоящее время одной из наиболее значимых мировых проблем является проблема постарения че-

ловеческой популяции, состоящая в резком увеличении в популяции доли лиц с существенно сниженными возможностями осуществления своих биологических и социальных функций. С этим связан ряд острых

экономических, политических, демографических, социальных проблем, имеющих глубокие отрицательные последствия для всех аспектов индивидуальной, общественной, национальной и международной жизни. Профилактика старения предполагает разработку и использование новых подходов и современных передовых технологий как для количественной оценки старения, так и для повышения качества жизни людей при снижении реальных темпов старения и увеличения продолжительности активной трудоспособной жизни [1].

Обзор литературных источников показал, что хотя существует множество теорий старения [1 - 7] единой теории старения до сих пор нет. Существует два противоположных подхода к объяснению старения: согласно одному из них, этот процесс возникает в результате реализации генетической программы (генетический подход); другой подход предполагает отсутствие такой программы (негенетический подход) [5].

Сторонники генетического подхода утверждают, что причиной старения являются изменения информации, передаваемой от ДНК к синтезируемым белкам в БО. Один из вариантов предполагает существование специальных генов старения, которые в определенный момент жизни экспрессируются и запускают осуществление изначально заложенной программы старения.

Сторонники негенетического подхода утверждают, что синтез белковых и прочих молекул в течение всей жизни организма происходит в основном правильно, но в течение жизни эти молекулы повреждаются в результате воздействий факторов как внешней, так и внутренней среды. Накопление таких повреждений и составляет суть процесса старения [8].

Для обеих гипотез существенным является оценка интенсивности процессов старения. Следовательно, появляется потребность оценки степени старения или уровня жизнеспособности организма и его элементов, что является одной из ключевых задач профилактической геронтологии. [9].

Все существующие сейчас гипотезы старения можно классифицировать, в частности, по тому, для каких видов организмов они создавались. Обзор этих гипотез показывает, что большинство из них не привязано к какому-то конкретному виду животных, то есть они претендуют на универсальность. Следуя этой логике, будем рассматривать технологию получения комплексной оценки старения «биологического организма» (БО) без привязки к какому-то конкретному виду организмов. Биологический организм рассматривается как биологическая система, обладающая различными уровнями организации и функционирующая как единое живое существо (одноклеточное или многоклеточное), обладающее совокупностью свойств, отличающих его от неживой материи.

Количественная оценка процесса старения, создание систем диагностики и мониторинга старения необходимы для разработки мер воздействия на процессы старения. Количественная оценка должна отражать разносторонность и разновременность старения различных элементов и функциональных зон биологического организма (БО).

Анализ литературных источников показывает, что существует большое число качественных и количественных характеристик процесса старения БО в

целом, а также старения отдельных его структурных элементов. В связи с этим актуальной является проблема комплексной оценки процессов старения БО, интегрирующей в себе качественную и количественную информацию о прошлых и текущем его состояниях. Для формирования комплексной количественной оценки процессов старения БО предлагается создать информационную технологию, основу которой составляет экспертная процедура, реализующая идеи метода анализа иерархий (МАИ) [10].

---

## 2. Постановка задачи

---

Объектом комплексной оценки процесса старения является некоторый биологический организм (БО), принадлежащий к заданной популяции.

При этом под механизмами старения понимаются причинно-следственные связи между элементами разного уровня организации и процессами, в которых они участвуют при старении БО.

Степень старения БО предлагается оценивать по способности БО в полной мере выполнять свои объективно необходимые функции, которые распределены между функциональными зонами БО.

Для человека, в частности, в качестве таких функциональных зон могут выступать функциональные системы, каждая из которых выполняет в организме определенную функцию жизнедеятельности: центральная нервная система; система органов дыхания; система органов кровообращения; система органов кроветворения; система органов пищеварения; система органов мочевого выделения и кожа; репродуктивная система; эндокринная система; костно-мышечная система; лимфатическая система; иммунная система; периферическая нервная система [11].

Каждая функциональная зона (ФЗ) состоит из отдельных структурных элементов (СЭ), обеспечивающих выполнение функций ФЗ.

Старение каждого СЭ можно описать некоторым множеством первичных количественных характеристик (ПКХ), которые образуют множество  $\Pi = \{ПКХ_j, j = \overline{1, N}\}$  первичных количественных показателей старения БО.

Для каждого  $ПКХ_j \in \Pi$  на множестве всех участников рассматриваемой популяции задано его наибольшее  $\overline{ПКХ}_j$  и наименьшее  $\underline{ПКХ}_j$  значение.

Имеется группа экспертов из числа специалистов по оценке старения БО рассматриваемой популяции.

Ставится задача создания информационной технологии комплексной оценки процесса старения конкретного БО из рассматриваемой популяции, позволяющей обнаруживать наличие существенных процессов старения БО, определять динамику и системные тенденции старения БО.

---

## 3. Теоретические основы информационной технологии

---

На первой стадии формирования комплексной оценки старения БО определяют существенные первичные количественные характеристики (ПКХ) про-

цессов старения БО, которые являются наиболее информативными (несут большую информацию) о степени старения БО в целом.

Для этого предлагается обобщённая иерархическая модель влияния ПКХ на комплексную оценку старения (КОС) биологического организма. Верхний уровень иерархии определяет фокус проблемы (КОС), следующий уровень – функциональные зоны БО. На третьем уровне расположены СЭ функциональных зон. Нижний уровень иерархии соответствует ПКХ.

Для каждой локальной вершины иерархии строится матрица попарных сравнений на основе данных анкет, заполняемых каждым экспертом. Если  $A^r = (a_{ij}^r)$ ,  $i, j = \overline{1, p_s}$ ,  $r = \overline{1, N}$ , где  $p_s$  - число вершин нижнего уровня, связанных с рассматриваемой вершиной,  $N$  - число экспертов, - матрица попарных сравнений для конкретной вершины, полученная на основе оценок  $r$ -го эксперта, то элементы  $(a_{ij}^r)$ ,  $i, j = \overline{1, p_s}$  результирующей матрицы  $A$  попарных сравнений для данной вершины находят по формуле

$$a_{ij} = (a_{ij}^1 \cdot a_{ij}^2 \cdot \dots \cdot a_{ij}^N)^{1/N}.$$

Полученная матрица является квадратной положительной матрицей.

Следующий шаг состоит в вычислении векторов локальных приоритетов по каждой из матриц. В математических терминах это – вычисление главных собственных векторов соответствующих матриц, которые после нормализации становятся векторами приоритетов.

На основе множества полученных локальных приоритетов ФЗ, СЭ, ПКХ путём реализации процедуры иерархического синтеза определяются глобальные приоритеты  $W_j$  первичных количественных характеристик ПКХ,  $j \in \overline{1, n}$ , где  $n$  число всех первичных количественных характеристик.

Известно, что для выбора существенных ПКХ необходимо проранжировать их по степени убывания глобальных приоритетов  $W_j$  и выделить среди элементов полученного ряда те первые элементы ряда, сумма приоритетов которых равна  $0,8 \pm \epsilon$ , где  $\epsilon$  определяет допустимую погрешность.

Если  $\Pi_0 = \left\{ \text{ПКХ}_j : \sum_j W_j = 0,8 \pm \epsilon \right\}$  множество существенных ПКХ, то их нормированные приоритеты равны  $\beta_i = \frac{W_i}{0,8 \pm \epsilon}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$ ,  $\beta_i \geq 0$ ,  $n$  - мощность множества  $\Pi_0$ .

**На второй стадии** формирования комплексной оценки старения БО определяют численные значения интегральных характеристик (ИХ) старения БО, которые несут интегрированную информацию о функционировании сложной системы [12].

Иерархическая модель влияния информативности ИХ, существенных ПКХ на комплексную оценку процессов старения (КОС) биологического организма (БО) имеет вид (рис. 1).

Для каждой вершины иерархии (рис. 1) строят матрицы попарных сравнений на основе вопросов-анкет, заполненных экспертами аналогично процедуре на

первой стадии формирования комплексной оценки старения биологического организма.

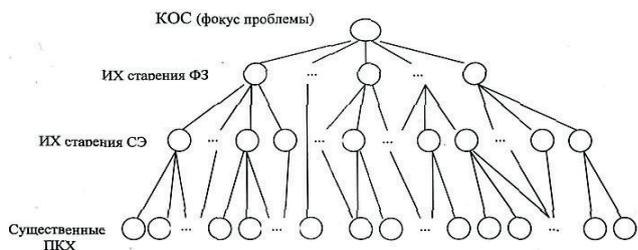


Рис. 1. Иерархическая модель влияния информативности ИХ, существенных ПКХ на КОС БО

На основе множества матриц попарных сравнений, полученных на основе анкет, определяют множество локальных приоритетов интегральных характеристик (ИХ) старения ФЗ, ИХ старения СЭ, существенных ПКХ.

В результате применения процедуры иерархического синтеза строят:

- вектор  $\alpha_\phi = (\alpha_{\phi_1}, \dots, \alpha_{\phi_p})$  приоритетов  $\alpha_{\phi_s}$  ИХ старения функциональных зон с номерами  $s$ ,  $s = \overline{1, p}$ ,  $p$  – число выделенных ФЗ;

- векторы  $\alpha_s^s = (\alpha_{s_1}^s, \dots, \alpha_{s_{p_s}}^s)$  приоритетов  $\alpha_{s_k}^s$  ИХ старения СЭ с номером  $k$ ,  $k = \overline{1, p_s}$ , входящих в ФЗ с номером  $s$ ,  $s = \overline{1, p}$ ,  $p_s$  - число СЭ, входящих в ФЗ с номером  $s$ ;

- векторы  $\alpha_{\Pi_k}^s = (\alpha_{\Pi_k^1}^s, \dots, \alpha_{\Pi_k^{l_k}}^s)$  приоритетов существенных ПКХ старения СЭ с номером  $k$ ,  $k = \overline{1, p_s}$ , входящих в ФЗ с номером  $s$ ,  $s = \overline{1, p}$ ,  $l_k$  - число существенных ПКХ старения СЭ с номером  $k$ , входящего в ФЗ с номером  $s$ .

Процесс формирования интегральных характеристик старения осуществляется снизу вверх.

ИХ<sub>k</sub><sup>s</sup> старения СЭ с номером  $k$ , входящего в ФЗ с номером  $s$  определяется формулой

$$\text{ИХ}_k^s = \sum_{l=1}^{l_k} \alpha_{\Pi_l}^{sk} \left( \frac{(\text{ПКХ}_l^{sk} - \underline{\text{ПКХ}}_l^{sk})}{(\overline{\text{ПКХ}}_l^{sk} - \underline{\text{ПКХ}}_l^{sk})} \right), \quad (1)$$

где  $\text{ПКХ}_l^{sk}$  - ПКХ с номером  $l$  старения СЭ с номером  $k$ , входящего в ФЗ с номером  $s$ ;  $\overline{\text{ПКХ}}_l^{sk}$ ,  $\underline{\text{ПКХ}}_l^{sk}$  - наибольшее и наименьшее значения ПКХ с номером  $l$  старения СЭ с номером  $k$ , входящего в ФЗ с номером  $s$  на конечном множестве БО рассматриваемой предметной области.

ИХ<sub>s</sub> старения ФЗ с номером  $s$  определяется формулой

$$\text{ИХ}_s = \sum_{k=1}^{p_s} \alpha_{s_k}^s \left( \frac{(\text{ИХ}_k^s - \underline{\text{ИХ}}_k^s)}{(\overline{\text{ИХ}}_k^s - \underline{\text{ИХ}}_k^s)} \right), \quad (2)$$

где  $\text{ИХ}_s$  - интегральная характеристика старения структурного элемента с номером  $k$ , входящего в функциональную зону с номером  $s$ ;  $\overline{\text{ИХ}}_k^s$ ,  $\underline{\text{ИХ}}_k^s$  - наибольшее и наименьшее значения ИХ старения СЭ с номером  $k$ , входящего в ФЗ с номером  $s$  на конечном множестве БО рассматриваемой предметной области.

Комплексная оценка старения (КОС) биологического организма определяется формулой

$$КОС = \sum_{s=1}^p \alpha_{\phi_s} \left( \frac{(ИХ_s - \underline{ИХ}_s)}{(\overline{ИХ}_s - \underline{ИХ}_s)} \right), \quad (3)$$

где  $ИХ_s$  - интегральная характеристика старения ФЗ с номером  $s$ ,  $\overline{ИХ}_s$ ,  $\underline{ИХ}_s$  - наибольшее и наименьшее значения  $ИХ$  старения в ФЗ с номером  $s$  на конечном множестве БО рассматриваемой предметной области.

Формулы (1), (2), (3) позволяют учесть тенденции системного старения БО рассматриваемой предметной области, его прошлые и текущее состояния, задаваемые значениями существенных ПКХ  $\in \Pi_0$ .

Если  $ПКХ \in \Pi_0$  имеют значения  $ПКХ_t$ , отвечающие состоянию конкретного БО в текущий момент времени  $t$ , то применяя формулы (1), (2), (3) находят комплексную оценку степени старения БО -  $КОС_t$ , по состоянию на текущий момент времени  $t$ . Для сравнительной оценки степени старения БО предлагается ввести эталонный БО, в полной мере выполняющий объективно необходимые функции. Если существенные ПКХ эталонного БО заданы и имеют значения  $ПКХ_{эт}$ ,

то применяя формулы (1), (2), (3) находят комплексную оценку степени старения эталонного БО -  $КОС_{эт}$ . Если  $|КОС_t - КОС_{эт}| \leq \epsilon$ , то можно говорить об отсутствии существенных процессов старения. Если же  $КОС_t > КОС_{эт}$ , то имеют место существенные процессы старения.

Таким образом, получаемая КОС биологического организма позволяет обнаружить наличие существенных процессов старения, а получаемая при этом система глобальных приоритетов старения функциональных зон, их структурных элементов, существенных первичных количественных характеристик задаёт системные тенденции старения БО в рассматриваемой предметной области. Темп изменения КОС во времени конкретного БО является характеристикой темпа его старения, а величина отклонения КОС БО при тех или иных неблагоприятных условиях внешней среды от величины КОС БО при нормальных условиях может служить оценкой влияния условий внешней среды на процессы старения БО.

На рис. 2 представлена функциональная структура информационной технологии определения комплексной оценки процессов старения конкретного биологического организма из заданной популяции.

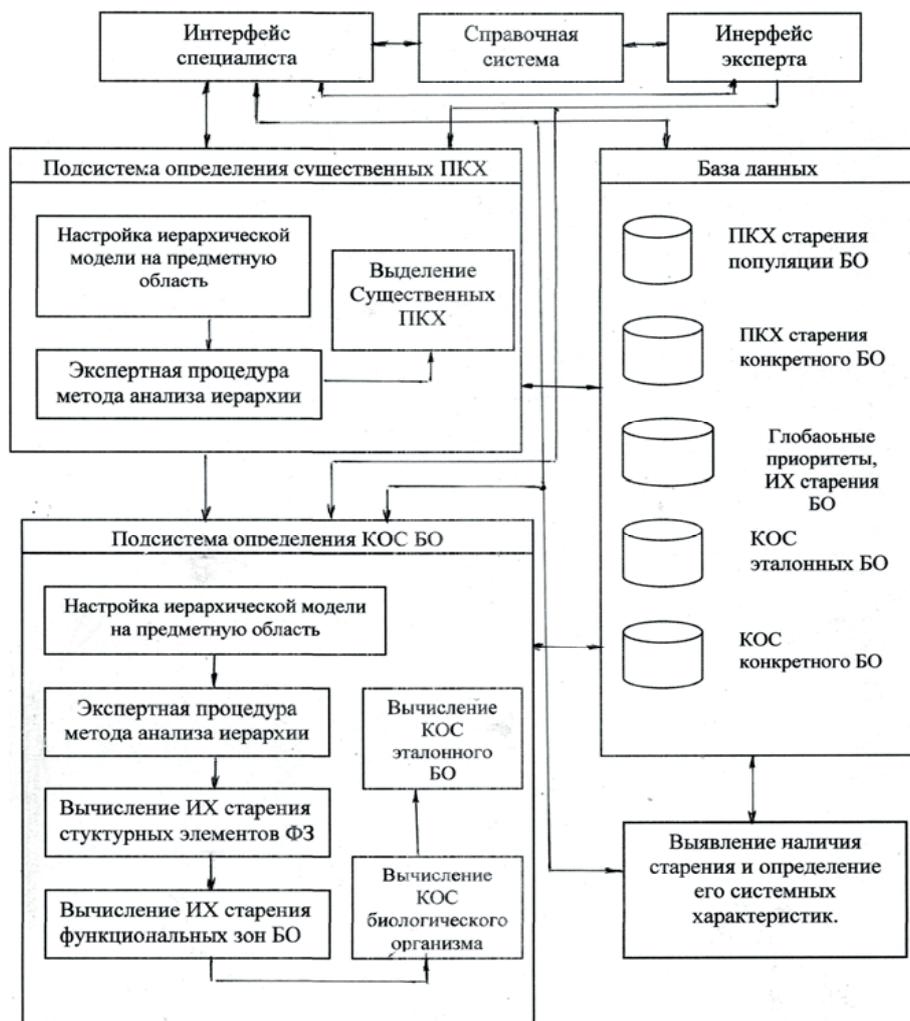


Рис. 2. Функциональная структура информационной технологии

Функциональный блок настройки иерархической модели на предметную область предполагает обеспечение возможности в зависимости от сложности организации биологических организмов рассматриваемого вида и множества первичных количественных характеристик его старения, в качестве которых выступают либо измеряемые величины, либо их функции, отражающие возрастные изменения БО.

При этом, изменяется число уровней иерархии и организация связей между элементами разных уровней.

#### 4. Результаты численных экспериментов

Для иллюстрации предлагаемого подхода к определению комплексной оценки старения биологического организма в качестве биологического организма (БО) рассмотрим культуры природноживущих одноклеточных организмов, в частности культуру одноклеточной микроводоросли *Dunaliella viridis*. Эти микроводоросли

легко культивируются и являются объектами современных биотехнологий. Наличие возможности комплексной оценки процессов старения микроводорослей *Dunaliella viridis* позволит организовать системы регулирования процессов их «старения», что может иметь существенный практический интерес.

В качестве показателей репликативного старения культуры использована степень ploидности клеток, которую оценивали по содержанию ДНК, триацилглицидов,  $\beta$ -каротина, карбонированных белков, а также содержанию РНК и белков в процессе длительного культивирования разных субкультур *Dunaliella Viridis* [13]. В этом случае предметная область определена четырьмя биологическими организмами БО<sub>10</sub>, БО<sub>20</sub>, БО<sub>30</sub>, БО<sub>40</sub> – субкультурами *Dunaliella Viridis* (культурами, которые постоянно пересеивались через каждые 10, 20, 30, 40 дней роста соответственно).

В качестве первичных количественных характеристик репликативного старения культуры предлагается использовать:

ПКХ<sub>1</sub> – содержание ДНК в субкультуре (мкг/млн клеток);

ПКХ<sub>2</sub> – содержание триацилглицеридов в субкультуре (мкг/млн клеток);

ПКХ<sub>3</sub> – содержание  $\beta$ -каротина в субкультуре (мкг/млн клеток);

ПКХ<sub>4</sub> – величина, обратная содержанию РНК в субкультуре (мкг/млн клеток);

ПКХ<sub>5</sub> – содержание белка в субкультуре (мкг/млн клеток).

Поскольку указанные ПКХ характеризуют непосредственно БО в целом, иерархическая модель предметной области будет состоять из двух уровней – верхний уровень (фокус проблемы) и нижний уровень (уровень ПКХ).

Значения первичных количественных характеристик старения БО рассматриваемой предметной области на 10-м пассаже приведены в табл. 1.

Для оценки приоритетов информативности ПКХ старения БО создана группа из двух экспертов, которые для иерархической модели влияния информативности ПКХ на информативность КОС БО независимо друг от друга заполняют анкеты, выставляя значения попарных сравнений ПКХ.

Первый эксперт считает, что все ПКХ в равной степени влияют на КОС БО, поэтому матрица попарных сравнений представляет собой квадратную матрицу 5-го порядка и, соответственно, вектор приоритетов по оценкам первого эксперта имеет вид  $\alpha^1 = (0,2, 0,2, 0,2, 0,2, 0,2)$ .

Второй эксперт при попарном сравнении первичных количественных характеристик отметил некоторое преобладание значимости ПКХ<sub>1</sub> по сравнению со значимостью ПКХ<sub>4</sub>, некоторое преобладание значимости ПКХ<sub>1</sub> по сравнению со значимостью ПКХ<sub>5</sub>, а также некоторое преобладание значимости ПКХ<sub>2</sub> и ПКХ<sub>3</sub> по сравнению со значимостью ПКХ<sub>4</sub>, некоторое преобладание значимости ПКХ<sub>2</sub> и ПКХ<sub>3</sub> по сравнению со значимостью ПКХ<sub>5</sub>.

Поэтому матрица попарных сравнений представляет собой квадратную обратносимметричную матрицу 5-го порядка и, соответственно вектор приоритетов по оценкам второго эксперта имеет вид  $\alpha^2 = (0,273, 0,273, 0,273, 0,090, 0,090)$ .

Вектор приоритетов ПКХ старения БО, учитывающий мнение обоих экспертов имеет вид  $\alpha^{12} = (0,240, 0,240, 0,240, 0,140, 0)$ .

Комплексная оценка старения БО определяется формулой

$$\text{КОС} = \sum_{i=1}^5 \alpha_i \left( \frac{\text{ПКХ}_i - \underline{\text{ПКХ}}_i}{(\overline{\text{ПКХ}}_i - \underline{\text{ПКХ}}_i)} \right). \quad (4)$$

Значения КОС для БО<sub>10</sub>, БО<sub>20</sub>, БО<sub>30</sub>, БО<sub>40</sub>, определяемые по формуле 4, имеют следующие значения:

для приоритетов  $\alpha^1$ , полученных на основе мнения первого эксперта,

$$\text{КОС}_{10} = 0,127; \text{КОС}_{20} = 0,139;$$

$$\text{КОС}_{30} = 0,274; \text{КОС}_{40} = 0,817;$$

для приоритетов  $\alpha^2$ , полученных на основе мнения второго эксперта,

$$\text{КОС}_{10} = 0,173; \text{КОС}_{20} = 0,190;$$

$$\text{КОС}_{30} = 0,380; \text{КОС}_{40} = 1,116;$$

для приоритетов  $\alpha^{12}$ , полученных на основе учёта мнений обоих экспертов,

$$\text{КОС}_{10} = 0,153; \text{КОС}_{20} = 0,197;$$

$$\text{КОС}_{30} = 0,328; \text{КОС}_{40} = 0,981.$$

Анализ полученных результатов показывает, что качественный характер изменения КОС во всех вариантах экспертной процедуры одинаков и отражает динамику старения *Dunaliella viridis*.

Таблица 1

Значения ПКХ старения БО на 10-м пассаже

| Субкультура (БО) | ПКХ <sub>1</sub> | ПКХ <sub>2</sub> | ПКХ <sub>3</sub> | ПКХ <sub>4</sub> <sup>-1</sup> | ПКХ <sub>5</sub> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| БО <sub>10</sub> | 0,116 ± 0,005    | 0,382 ± 0,077    | 0,504 ± 0,030    | 1,56 ± 0,091                   | 5,07 ± 0,75      |
| БО <sub>20</sub> | 0,124 ± 0,004    | 0,397 ± 0,001    | 0,647 ± 0,007    | 1,54 ± 0,028                   | 3,91 ± 0,39      |
| БО <sub>30</sub> | 0,100 ± 0,015    | 0,814 ± 0,033    | 0,953 ± 0,085    | 1,31 ± 0,28                    | 3,06 ± 0,19      |
| БО <sub>40</sub> | 0,300 ± 0,013    | 0,986 ± 0,394    | 1,023 ± 0,239    | 0,72 ± 0,031                   | 8,51 ± 0,77      |

## 5. Выводы

Предлагаемая информационная технология комплексной оценки процессов старения биологических организмов позволяет определять наиболее информативные количественные характеристики старения рассматриваемого класса биологических организмов и на их основе - интегральные характеристики системного

старения биологических организмов, осуществлять комплексную оценку процессов старения организма в целом. Анализ изменения во времени комплексной оценки процессов старения конкретного организма позволит оценить динамику системного старения этого организма в целом, а анализ изменения во времени интегральных характеристик его отдельных подсистем позволит оценить динамику старения этих подсистем.

## Литература

1. В. Н. Крутько, В. И. Донцов. Системные механизмы и модели старения. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 336с. (Серия «Проблемы геронтологии». Выпуск 5.).
2. Психология старости и старения: Хрестоматия: Учеб.пособие для студ. Психол. Фак. Высш. Учеб. Заведений / Сост. О.В.Краснова, А.Г.Лидере. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 416с.
3. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: В 2т. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Наука, 2008. – Т.1. – 481с.
4. А.В.Макушин. Гипотеза о возникновении механизма старения. // Успехи геронтологии. 2010. Т.23. №3. С.346-348.
5. Халявкин А.В., Крутько В.Н. Системные и индуцированные механизмы старения. // Пробл. старения и долголетия. – 2009.- 18. - №1.- С.3-7.
6. А.В.Халявкин, В.Н.Крутько. Подход к моделированию старения с позиций биофизики сложных систем. // Труды ИСА РАН. 2006. Т.19. С. 117 – 155.
7. К.Н.Чичинадзе, Дж.В.Ткемаладзе. Центросомная гипотеза клеточного старения и дифференциации.// Успехи геронтологии. 2008. Т.21. №3. С.367-371.
8. <http://sibsedu.kspu.ru>. Ю.И.Савченков. Физиологические маркеры старения. // «Сибирский вестник специального образования». Электронное специальное периодическое издание.
9. В. Н. Крутько, В. И. Донцов, Т.М.Смирнова. Теория, методы и алгоритмы диагностики старения. // Труды ИСА РАН 2005. Т.13. С.105-143.
10. Т.Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Перевод с английского Р.Г.Вачнадзе. – М.: «Радио и связь». -1993.-27-8с.
11. Гуреев А.П. Многоуровневая модель строения организма человека. // <http://gureev.nnov.ru>.
12. Гернет Н.Д., Лисицкий В.Л. Функциональная диагностика развития территории на основе семейства её интегральных характеристик. // Современные проблемы гуманизации и гармонизации управления. Сборник научных работ. – Х.: УАЖНО, ХНУ им. В.Н.Каразина. 2002. Вып.2. С.17-23.
13. А.И.Божков, М.К.Ковалёва, Н.Г.Мензянова. Можно ли отменить процесс старения клеточных культур созданием оптимальных условий культивирования? // Успехи геронтологии. 2011. Т.24. №1. С.26-37.

## Abstract

*The issues of the creation of information technology for the complex estimation of the aging processes of the biological organisms (biological systems) are viewed in the present abstract. The information technology is based on the expert procedure, which puts into practice the idea of the hierarchy analysis method. Information technology allows to determine the most informative quantitative aging characteristics of the considered class of biological organisms and on their basis to determine the integrative characteristics of the system aging of biological organisms, to fulfill the complex estimation of processes of aging on the whole. The analysis of the time history of the complex estimation of aging processes of a given organism will allow to estimate the rate of the system aging of this organism on the whole, and the analysis of the time history of the integral features of a separate subsystem, which is very relevant to build the diagnostic system of aging. The possibility of the periodic estimation of aging of a biological organism will allow to create the system of regulating the aging processes with the aim of increasing the working capacity, rejuvenation and prolongation of active life of a man*

**Keywords:** *biological organism, aging, information technology, method of the hierarchy analysis, expert, complex estimation, integral features*