

**Раздел IV**

**КООРДИНАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.  
МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЮРИДИЧЕСКИЕ  
ВОПРОСЫ МЕДИЦИНЫ**

УДК: 61:378.14

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
КАФЕДР И ФАКУЛЬТЕТОВ В КУРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**А.И. ЛАЗАРЕВ, А.И. КОНОПЛЯ, Т.А. ОЛЕЙНИКОВА, Н.С. СТЕПАШОВ\***

Рейтинговая система – это один из инструментов контроля и стимуляции качества высшего образования. Курский государственный медицинский университет разработал собственные методы рейтинговой оценки кафедр и факультетов.

Повышение качества образования становится важнейшим ориентиром деятельности и управления, главным критерием оценки стратегии развития, установления, обеспечения и улучшения уровня функционирования всех подразделений и сфер деятельности коллектива вуза. Инструментом управления и стимулирования качества образования в вузе является построение рейтингов, проведение мониторинга, сравнительной оценки индикаторов уровня образования, ранжирования объектов в конкурентной среде. В Курском государственном медицинском университете (КГМУ) внедрена и успешно функционирует внутри-вузовская система рейтинговой оценки и контроля качества деятельности кафедр и факультетов. Ее главной задачей является рост творческой мотивации деятельности профессорско-преподавательского состава, эффективной организации образовательного процесса.

**Методика и технология рейтинговой оценки.** С учетом специфической ориентированности образовательной деятельности медицинского вуза, многопрофильности подготовки специалистов (лечебное дело, фармация, экономика и управление здравоохранением, биотехнология, социальная работа и другие), была разработана собственная методика рейтинговой оценки деятельности кафедр и факультетов университета. Формирование рейтингового контроля качества деятельности кафедр проходит несколько этапов. Для получения объективной рейтинговой оценки кафедры вуза сгруппированы в пять блоков: гуманитарные и социально-экономические; естественнонаучные и математические; общепрофессиональные клинического профиля; специальные клинического профиля; общепрофессиональные и специальные неклинического профиля. Ранжирование кафедр с определением их рейтинга проводится в каждом блоке и выделением в блоках надлежащего количества призовых мест.

Использование метода экспертных оценок позволило определить разделы рейтинговой деятельности кафедр, номенклатуру индикаторов рейтинговой оценки и их весовые коэффициенты. В качестве экспертов привлекались заведующие кафедрами, деканы, члены ректората. В ходе многократного обсуждения был сформирован перечень качественных и количественных оценочных показателей и определены значения (весовые коэффициенты) рейтингового индикатора. Они устанавливались в зависимости от уровня и значимости параметра по отношению к другим в данном разделе. Разработка и апробирование методики, установление технологии рейтинговой оценки кафедр в КГМУ проводилась с использованием общего методического подхода к рейтинговой

---

\* Курский КГМУ (305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3; тел. (4712) 51-44-97)

оценке, который заключается в определении места кафедры в каждом блоке рейтинговой деятельности. Расчет итогового рейтинга осуществляется на основе суммирования мест, занимаемых кафедрами внутри всех блоков по формуле:

$$R = R_K + R_{MO} + R_{УП} + R_{НР} + R_{СН} + R_{ВОД} + R_{ЛР} \quad (1),$$

Где R – рейтинг кафедры, R<sub>K</sub> – рейтинг (место) кафедры по квалификационному блоку, R<sub>MO</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку методическое обеспечение и т.д. Рейтинг теоретических кафедр рассчитывается по шести направлениям деятельности без учета лечебной работы, клинических – по семи с учетом лечебной деятельности. Рейтинг блоков – это отношение суммы баллов по блоку к количеству штатных единиц преподавательского коллектива кафедры в отчетном году (формулы 2-8). Полученное значение рейтинга (балл) переводится в место.

**Квалификационный блок.**

$$R_K = \frac{\sum K}{Ш} \quad (2),$$

где K – сумма баллов по квалификационному блоку, Ш – количество штатных единиц преподавательского коллектива кафедры за отчетный год (среднее арифметическое осеннего и весеннего семестров), R<sub>K</sub> – рейтинг (место) кафедры по квалификационному блоку (балл переводится в место).

**Блок – методическое обеспечение.**

$$R_{MO} = \frac{\sum MO}{Ш} \quad (3),$$

где MO – сумма баллов по блоку методическое обеспечение, R<sub>MO</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку методическое обеспечение (балл переводится в место).

**Блок – учебный процесс.**

$$R_{УП} = \frac{\sum УП}{Ш}, \quad (4),$$

где УП – сумма баллов по блоку учебный процесс, R<sub>УП</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку учебный процесс (балл переводится в место).

**Блок – научная работа.**

$$R_{НР} = \frac{\sum НР}{Ш} \quad (5),$$

где НР – сумма баллов по блоку научная работа, R<sub>НР</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку научная работа (балл переводится в место).

**Блок – студенческая наука.**

$$R_{СН} = \frac{\sum СН}{Ш}, \quad (6),$$

где СН – сумма баллов по блоку студенческая наука, R<sub>СН</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку студенческая наука (балл переводится в место).

**Блок – воспитательная и общественная деятельность.**

$$R_{ВОД} = \frac{\sum ВОД}{Ш} \quad (7),$$

где ВОД – сумма баллов по блоку воспитательная и общественная деятельность, R<sub>ВОД</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку воспитательная и общественная деятельность (балл переводится в место).

**Блок – лечебная работа (рассчитывается для клинических кафедр).**

$$R_{ЛР} = \frac{\sum ЛР}{Ш} \quad (8),$$

где ЛР – сумма баллов по блоку «Лечебная работа», R<sub>ЛР</sub> – рейтинг (место) кафедры по блоку лечебная работа (балл переводится в место). Кафедра, не работающая по

одному из направлений рейтинга, в данном блоке автоматически занимает последнее место, что значительно усложняет достижение призового места. Таким образом, разработанная методика расчета рейтинга повышает мотивацию коллектива кафедр к работе и способствует объективизации оценки качества его деятельности. Рейтинг определяется строго за отчетный календарный год на всех кафедрах, обеспечивающих учебный процесс. Для победителей установлены формы поощрения: кафедры, занявшие по результатам рейтинга первое место, награждаются специальным университетским дипломом I степени. Все сотрудники кафедр награждаются премиями. Кафедры, занявшие по результатам рейтинга второе и третье места, награждаются специальным университетскими дипломами II и III степени. Рейтинговая система контроля качества деятельности распространяется и на факультеты. В основу рейтинга факультетов положен принцип рейтинговой оценки кафедр, которая проводится по блокам: учебный процесс; методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса; научные исследования; издательская деятельность; общественная деятельность; воспитательная работа. Каждый блок представлен набором рейтинговых параметров с их количественной оценкой. Рейтинг факультетов определяется как сумма мест, занимаемых факультетом по блокам и среднего показателя мест кафедр, работающих на факультете (формула 9).

$$R_{\phi} = \overline{R_K} + R_{\text{УП}} + R_{\text{МО}} + R_{\text{НИ}} + R_{\text{ИД}} + R_{\text{ОД}} + R_{\text{ВР}} \quad (9),$$

где  $R_{\phi}$  – рейтинг факультета,  $\overline{R_K}$  – средний показатель мест кафедр, работающих на факультете,  $R_{\text{УП}}$  – рейтинг (место) факультета по блоку учебный процесс (балл переводится в место) и т.д. Рейтинг блоков рассчитывается по формулам 10–15.

**Блок – учебный процесс.**

$$R_{\text{УП}} = \frac{\sum 1.1/\text{Э} + 1.2. + 1.3.}{\text{СТ}} \quad (10),$$

где  $R_{\text{УП}}$  – рейтинг (место) факультета по блоку учебный процесс (балл переводится в место), 1.1., 1.2., 1.3. – пункты блока учебный процесс, Э – число экзаменов на факультете, в т.ч. ИГА и производственных практик, СТ – общее количество студентов на факультете на 1 января календарного года (рассчитывается как среднее арифметическое по результатам зимней и летней сессий).

**Блок - методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса.**

$$R_{\text{МО}} = \frac{\sum \text{МО}}{\text{Д}} \quad (11),$$

где  $R_{\text{МО}}$  – рейтинг (место) факультета по блоку методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса (балл переводится в место), МО – сумма баллов по блоку методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса, Д – общее количество управленческих должностей в деканате.

**Блок – научные исследования.**

$$R_{\text{НИ}} = \frac{\sum \text{НИ}}{\text{Ш}_n} \quad (12),$$

где  $R_{\text{НИ}}$  – рейтинг (место) факультета по блоку научные исследования (балл переводится в место), НИ – сумма баллов по блоку научные исследования,  $\text{Ш}_n$  – количество штатных единиц преподавательского коллектива кафедр, выполняющих научную работу на факультете.

**Блок – издательская деятельность.**

$$R_{\text{ИД}} = \frac{\sum \text{ИД}}{\text{Ш}_p} \quad (13),$$

где  $R_{ИД}$  – рейтинг (место) факультета по блоку издательская деятельность (балл переводится в место), ИД – сумма баллов по блоку издательская деятельность,  $\Pi_p$  – количество штатных единиц преподавателей, работающих по факультету, на кафедре.

**Блок – общественная деятельность.**

$$R_{ОД} = \frac{\sum ОД}{\Pi_3} \quad (14),$$

где  $R_{ОД}$  – рейтинг (место) факультета по блоку общественная деятельность (балл переводится в место), ОД – сумма баллов по блоку общественная деятельность,  $\Pi_3$  – количество штатных единиц преподавательского коллектива кафедр, закрепленных за факультетом.

**Блок – воспитательная работа.**

$$R_{ВР} = \frac{\sum ВР}{СТ} \quad (15).$$

где  $R_{ВР}$  – рейтинг факультета по блоку «Воспитательная работа» (балл переводится в место), ВР – сумма баллов по блоку воспитательная работа, СТ – общее количество студентов на факультете на 1 января календарного года (рассчитывается как среднее арифметическое по результатам зимней и летней сессий). Рейтинг факультетов также рассчитывается строго за отчетный календарный год. Факультет, занявший первое место, награждается дипломом I степени, сотрудники деканата награждаются премиями. Факультеты, занявшие второе и третье места, награждаются дипломами II и III степени.

**Результаты.** Анализ рейтинговой оценки деятельности кафедр и факультетов КГМУ подтвердил правильность методического подхода, позволяющего объективно оценивать и стимулировать работу кафедр и факультетов по всем направлениям деятельности. Рейтинговый контроль помогает не только оценивать и выделять лучшие подразделения вуза, но и постоянно проводить анализ качества развития и совершенствования деятельности. Использование соревновательного принципа, экономических и административных механизмов поощрения способствует значительному повышению качества системы управления университетом.

**Выводы.** Можно с определенной уверенностью утверждать, что системный рейтинг в вузе является показателем эффективности организации учебной, методической, воспитательной, общественной и научной деятельности и способствует оптимальной реализации стратегии обеспечения и управления качеством высшего медицинского образования.

## INNOVATION TECHNOLOGIES OF RATING EDUCATIONAL STRUCTURES' ACTIVITIES IN THE KURSK STATE MEDICAL UNIVERSITY

A.I. LAZAREV, A.I. KONOPLYA, T.A. OLE'NIKOVA, N.S. STEPASHOV

### Summary

Rating System is one of the instruments for control and stimulation of the higher education quality. The Kursk State Medical University has worked out its own methods of rating the educational structures' activities. To obtain objective information, the departments of the university are arranged into 5 clusters, the ranging within them being the basis for their rating. Rating control takes several stages.

**Key-words:** methods of rating, ranging, rating system.

УДК 616-006

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ  
В ТКАНЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПОСЛЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ  
ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ, ВОСПРОИЗВЕДЕННЫХ У КРЫС  
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**

**Р.У. ГИНИАТУЛЛИН<sup>\*</sup>, С.Т. ИСМАГИЛОВА<sup>\*</sup>, Д.В. ЕРЕМЕЕВ<sup>\*\*</sup>, Л.В. АСТАХОВА<sup>\*</sup>,  
Е.Н. ИГНАТЬЕВА<sup>\*</sup>**

По данным [5], злокачественные глиальные опухоли головного мозга составляют 30-40% среди всех новообразований головного мозга. В настоящее время имеются четыре основных метода лечения опухолей головного мозга: хирургический, лучевой, химиотерапевтический и комбинированный [1,2]. Однако процент рецидивов после применения этих методов лечения остается высоким. Также остается значительной послеоперационная летальность после удаления опухолей головного мозга, которая составляет до 45% случаев [2,3]. В связи с этим успешно применяется метод фотодинамической терапии (ФДТ) опухолей головного мозга. Метод основан на введении в организм больного фотосенсибилизатора, его селективном накоплении в опухолевой ткани. При воздействии на опухоль лазерного излучения с определенной длиной волны фотосенсибилизатор переходит в активное состояние и может генерировать синглетный кислород, свободные радикалы, ведущие к апоптозу опухолевых клеток [3]. Несмотря на это, часть опухолей рецидивирует, что связывают с мало отработанными режимами лазерного облучения [6]. Остается не исследованной динамика морфологических изменений, развивающихся в тканях головного мозга после ФДТ глиальных опухолей, что могло бы способствовать обоснованию режимов лазерного облучения и эффективности лечения.

**Цель работы** – изучение характера морфологических изменений в тканях головного мозга после ФДТ злокачественных глиальных опухолей, полученных у крыс.

**Материалы и методы.** Опыт проведен на 344 беспородных половозрелых разнополых крысах массой тела 150-200г. Всем животным проводилась трансплантация в их головной мозг злокачественных опухолей, взятых от человека. 231 крысе была пересажена глиобластома, 113 – анапластическая астроцитома от 27 и 16 больных людей соответственно. Диагноз опухолей, удаленных у больных во время операции, подтверждался гистологически. Для привития пересаженных опухолей крысам вводили внутримышечно преднизолон по 3,0 мг в течение 10 дней с момента трансплантации, что подавляло иммунитет.

Гомогенат опухолевой ткани, предназначенный для трансплантации, готовился из фрагментов оперативно удаленной опухоли человека в стерильной стеклянной колбе. Объем вводимого гомогената составлял 1 мм<sup>3</sup>.

Оперативное вмешательство проводилось под внутрибрюшинным введением раствора кетамина в дозе 0,2-0,4 мл. После наступления стадии наркоза крысу фиксировали держателями за конечности к горизонтально установленной конструкции – «столу» стереотаксического аппарата. Кожные покровы головы обрабатывали 70% этиловым спиртом, после чего производили разрез мягких тканей головы в проекции сагиттального шва в промежутке между лобно-теменным и теменно-затылочным швами длиной до 1,5-2 см. Затем мягкие ткани разводили, брали на держалки, которые фиксировались к «столу» стереотаксического аппарата. Кость скелетировали, затем зубным буром наносили в левой теменной области трепанационное отверстие до 3мм в диаметре до твердой мозговой

<sup>\*</sup> Челябинский госинститут лазерной хирургии, г. Челябинск, проспект Победы, 287, тел. (351) 741-23-68

<sup>\*\*</sup> МУЗ ГКБ №3, г. Челябинск

оболочки. Отверстие расширяли до 7 мм в диаметре зажимом типа «москит». Твердую мозговую оболочку вскрывали крестообразно. К направителю стереотаксического аппарата фрагментами тонкой силиконовой трубки подвижно прикрепляли микрощипцы. Направитель стереотаксического аппарата под визуальным контролем жестко фиксировали к его дуге винтом в положении, при котором рабочие поверхности микрощипцов находились в проекции костного дефекта. Затем микрощипцами, подводимыми по направителю стереотаксического аппарата, извлекали фрагмент головного мозга животного в проекции костного дефекта. Микрощипцы снимали с направителя стереотаксического аппарата. При этом образовывалась полость в мозге объемом 2-3 мм<sup>3</sup>. Затем осуществляли гемостаз 3% раствором перекиси водорода. После этого гомогенат опухоли объемом 1 мм<sup>3</sup> брали стерильной одноразовой медицинской иглой соответствующего диаметра, присоединенной к одноразовому шприцу, и вводили в сформированную полость на глубину 2 мм до стенки бокового желудочка. Для предупреждения миграции гомогената через трепанационное отверстие его закрывали снаружи фрагментом гомеостатической губки. Мягкие ткани ушивали узловыми швами.

Через 1,5-2 мес. после трансплантации опухолей при появлении неврологических нарушений (периодические судорожные движения, гемипарез конечностей, тремор) у крыс брались биоптаты из головного мозга с помощью стереотаксического аппарата. После гистологического исследования биопсийного материала, подтверждения привития и роста опухоли им проводилась ФДТ. Для взятия биопсии из опухолей и их ФДТ использовали дугу и направитель стандартного стереотаксического аппарата. В месте крепления дуги направителя жестко установлена горизонтальная конструкция для фиксации животного во время операции. Оперативное вмешательство велось под внутрибрюшинным введением раствора кетамина. После наркоза крыса фиксировалась держателями за конечности к «столу» стереотаксического аппарата. Кожные покровы головы обрабатывались 70% этиловым спиртом, производился разрез мягких тканей головы в проекции сагиттального шва в промежутке между лобно-теменным и теменно-затылочным швами длиной 1,5-2 см. Мягкие ткани разводились, брались на держалки, которые фиксировались к «столу» стереотаксического аппарата. Кость скелетировали в зоне трепанационного дефекта. Мягкие ткани удалялись.

Твердая мозговая оболочка вскрывалась крестообразно. К направителю стереотаксического аппарата с помощью фрагментов тонкой силиконовой трубки подвижно прикреплялись микрощипцы. Направитель аппарата жестко фиксировался к дуге винтом в положении, при котором рабочие поверхности микрощипцов находились в проекции костного дефекта. Микрощипцами, подводимыми по направителю стереотаксического аппарата, забирался фрагмент головного мозга (биоптат) в проекции костного дефекта. Микрощипцы снимали с направителя аппарата, проводили гемостаз 3% раствором перекиси водорода. Затем к направителю стереотаксического аппарата с помощью фрагментов силиконовой трубки соответствующего диаметра подвижно закреплялся моноволоконный световод диодного лазера «Милон» (длина волны 660 нм). После этого в опухолевую ткань вводился фотосенсибилизатор (фотолон) в количестве 1,5 мм<sup>3</sup>. По направителю стереотаксического аппарата подводился моноволоконный световод (φ 0,6 мм) таким образом, чтобы его конец не касался опухоли. Затем проводилось облучение опухоли при мощности 100 мВт в течение 10 мин. Моноволокный световод снимали с направителя, а последний отодвигали.

Листки твердой мозговой оболочки укладывали на место, накладывали гомеостатическую губку для профилактики ликвореи. Мягкие ткани ушивали узловыми швами. Кожные покровы обрабатывали 70% этиловым спиртом. За оперированными крысами велись ежедневные наблюдения от 1 до 4 мес. Через 1 мес. после лечения у 12 крыс отмечался регресс неврологических нарушений, и они были выведены из опыта. У ос-

тавшихся 4 крыс через 4 мес. неврологические нарушения отсутствовали, они были выведены из опыта. Био- и аутопсийный материал от животных фиксировался в 10% формалин и заливался в парафин. Из парафиновых блоков готовили серийные гистологические срезы, их окрашивали гематоксилином и эозином по ван Гизону.

**Результаты.** В эксперименте погибло 142 (41,2%) животных: на 1-3-и сутки после трансплантации опухоли – 140, через 2 мес. после трансплантации от кровотечения, развившегося при взятии биопсии – 2 (с привитой и растущей опухолью). Причинами гибели 140 крыс являлись кровотечение из сосудов головного мозга во время трансплантации опухоли (у 134), менингоэнцефалит, абсцесс головного мозга (у 6). Наши исследования показали, что у 177 (51,4%) животных пересаженные опухоли не привились и рассосались. При этом у 145 крыс на месте трансплантата определялась кистовидная полость, а у 32 – глиомезенхимальный рубец, что согласуется с данными литературы [4].

Приживление и рост пересаженных опухолей нами отмечен у 25 (7,2%) животных: глиобластомы – у 19 (5,5%), астроцитомы – у 6 (1,7%). Причем указанные новообразования по гистологическому строению были сходны с аналогичными опухолями человека. Как отмечалось выше, 2 крысы с привитой опухолью погибли от кровотечения во время взятия биопсии. На 6 животных из 23 оставшихся нами проводилась обработка режимов лазерного воздействия на опухоли головного мозга. При этом оптимальным режимом была мощность излучения 100 мВт при длительности облучения 10 мин., что способствовало деструкции опухоли без существенных повреждений окружающих тканей мозга. Напротив, применение мощности лазерного излучения 50 мВт в течение 10 мин., по данным морфологического исследования, оказалось недостаточным для полной деструкции опухолевой ткани. Мощность излучения 300 мВт вела к обширным некротическим изменениям в тканях головного мозга с их обугливанием. В связи с этими данными, мощность лазерного излучения 100 мВт с длительностью воздействия 10 мин. использовалась нами при ФДТ опухолей головного мозга у остальных 17 крыс. При этом 1 крыса погибла на 2-е сутки после лечения в результате кровотечения, продолжавшегося еще после взятия биопсии. Результаты ФДТ опухолей головного мозга мы изучали на 16 животных.

Результаты исследования показали, что у 12 животных через 1 мес. после ФДТ опухолей отмечался регресс неврологических нарушений и они были выведены из опытов. У этих животных при микроскопическом изучении отмечалось образование рубца, размеры которого составляли не более  $0,3 \times 0,2$  см. У 4 крыс, забитых через 4 мес. после ФДТ, в месте привитого трансплантата также определялся рубец, но размеры его уменьшились и не превышали  $0,2 \times 0,1$  см. Причем у этих животных неврологические нарушения не регистрировались. Следует подчеркнуть, что ни в одном из наблюдений (у 16 животных) опухолевого роста в тканях головного мозга не регистрировалось. Сложно провести какие-либо параллели по этому вопросу с литературными данными. Это обусловлено тем, что мы не нашли работ, где бы исследовалась динамика морфологических изменений на поздних сроках после проведения ФДТ экспериментальных злокачественных глиальных опухолей головного мозга.

**Выводы.** При внутримозговой трансплантации злокачественных глиальных опухолей головного мозга человека в мозг крыс, подвергнутых воздействию преднизолона, инфильтрирующий рост новообразований был получен в 7,2% наблюдений (глиобластомы – в 5,5%, астроцитомы – в 1,7%), которые соответствовали аналогичной опухоли человека. Рост этих опухолей у крыс сопровождался неврологическими нарушениями в виде периодических судорожных движений, гемипарезов конечностей, тремора. Применение ФДТ способствовало деструкции опухолевой ткани головного мозга и формированию рубца в зоне лазерного облучения. Это сопровождалось регрессом и исчезновением у животных неврологических нарушений.

**Литература**

1. Коновалов А.Н. и др. // *Вопр. нейрохир. им. Н.Н. Бурденко.*– 2001.– №2.– С. 2–6.
2. Медянин И.А., Фраерман А.П. // *Вопр. нейрохир. им. Н.Н. Бурденко.*– 2002.– №1.– С. 30–34.
3. Ступак В.В. и др. // *Актуальные аспекты лазерной медицины.*– Москва–Калуга, 2002.– С. 369–370.
4. Яблоновская Л.Я. Экспериментальные опухоли головного мозга, полученные методом гетеротрансплантации и индуцирования. – Л.: Медицина, 1967.
5. Madsen S.J. et al. // *Laser Surg. Med.*– 2002.– Vol. 29, №5.– P.406–412.
6. Madsen S. et al // *J Neurooncol.*– 2003.– Vol.62, №3.– P. 243.

УДК 612.014.423

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ИЗОЛИРОВАННЫХ КОЖНЫХ ТРАНСПЛАНТАТОВ ПУТЕМ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОБСТВЕННЫМИ ОТРАЖЕННЫМИ ПОЛЯМИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**

**К.А. АФОНИЧЕВ, И.Е. НИКИТЮК\*, В.В. ПЕТРАШ\*\***

Использование комбинации электрооптических материалов (монокристалла кремния и алюминиевого отражателя) на расстоянии не более 4,0 см от поверхности кожного трансплантата позволяет сохранить его жизнеспособность в течение 4-х суток в условиях полного нарушения трофики. Благоприятное воздействие на сохранение структуры кожных трансплантатов могли оказать их собственные поля, отражаемые обратно от электрооптических материалов. Инертные электрооптические материалы рассматриваются как перспективные для клинического использования с целью улучшения приживаемости кожных трансплантатов при лечении глубоких ожоговых ран.

**Ключевые слова:** кожные трансплантаты, биоэлектрические эффекты, электрооптические материалы

Проблема разработки новых методов, оптимизирующих регенеративные процессы в коже, продолжает оставаться актуальной в связи с потребностью в операциях восстановления дефектов кожных покровов различного происхождения в травматологии, детской ортопедии, камбустиологии и косметической хирургии. В настоящее время для закрытия обширных раневых дефектов кожи не потерял актуальность хорошо зарекомендовавший себя метод пересадки кожных трансплантатов, однако успех их приживления непредсказуем. Одной из основных причин неудач этого метода кожной пластики является некроз трансплантатов в период врастания в них новых сосудов. Из классической хирургии известно, что «критическим» сроком выживаемости кожного трансплантата считается период от 3 до 5 суток. Для улучшения приживления кожного трансплантата клиницисты ограничены в своих возможностях и располагают только

---

\* ФГУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И.Турнера Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи», 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, Парковая ул., 64-68, тел./факс (812) 465-28-57, e-mail: turner01@mail.ru

\*\* ФГУП «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России», 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 65, тел. раб. (812) 726-68-73, e-mail: spbism@mail.ru



двумя основными приемами: 1) прижатие трансплантата к раневому ложу определенным постоянным давлением; 2) создание трансплантату на месте пересадки натяжения, приближающегося к тому натяжению, в котором находился данный лоскут кожи на первоначальном месте. Поэтому продолжают поиски методов оптимизации выживаемости трансплантатов непосредственно после пересадки, что отражает современные потребности медицины в идеальной системе лечения ран и служит основой для развития новых технологий восстановления кожного покрова.

В последние годы достоверно обнаружены многочисленные эффекты воздействия структурных форм, таких как кристаллы, на процессы, протекающие в биологических системах. Природа этого взаимодействия пока окончательно не выяснена, хотя хорошо показано его дистанционное проявление, что выражается, например, в сдвиге скорости биохимических реакций. Было выявлено, что монокристаллы кремния при контакте с кожными трансплантатами, лишенными трофики, способствуют повышению их жизнеспособности [4]. Известно, что кожные покровы обладают собственными электрическими полями, которые наводятся потенциалами биологически активных точек, расположенных на поверхности кожи [3]. Кроме того, живые клетки кожи [7] и ее придатки представляют собой фотонные структуры [2], которые генерируют сверхслабое излучение в видимом диапазоне спектра. Кристаллический кремний относится к электрооптическим материалам, которые имеют обычное свойство преобразовывать падающие на них электрические сигналы (в рассматриваемой ситуации – потенциалы действия кожных покровов), усиливая их мощность, и генерировать под их действием собственные электромагнитные волны [6]. Электромагнитные сигналы, преобразованные кристаллами кремния, могли оказать благоприятное влияние на кожные ткани, так как известно, что все биоткани в процессе эволюции стали фактически моделировать свою структуру в соответствии с параметрами минеральных кристаллических решеток [1]. Однако применение кристаллов кремния является эффективным только в случае непосредственного контакта с плоской поверхностью трансплантата либо при удалении от нее не далее 1,0 см, что неприемлемо для использования метода в анатомических областях с выраженной неровностью рельефа поверхности, например, на лице, кистях.

**Цель работы** – сохранение жизнеспособности полнослойного кожного трансплантата с нарушенной трофикой в течение времени, которое сопоставимо по продолжительности с периодом восстановления питания трансплантата в случае его пересадки или реимплантации с таким расчетом, чтобы созданные условия были приемлемы для трансплантатов с неровным рельефом поверхности.

**Материал и методы.** Исследование проведено на кроликах породы шиншилла обоих полов в возрасте от 6 до 8 месяцев. У каждого кролика в области спины выстригали шерсть и в соответствии с Международными требованиями и Европейской Конвенцией по гуманному отношению к экспериментальным животным под местным обезболиванием 0,25% раствором новокаина производили иссечение полнослойных кожных трансплантатов квадратной формы размерами 10×10 мм.

В *опытной* группе (рис. 1) иссеченный кожный трансплантат 7 отделяли от организма животного, переносили на текстолитовую подставку 5, которую помещали в пластиковый контейнер 2 с налитой на дне водой 4, тем самым в контейнере устанавливалась относительная влажность воздуха 100%. Для создания микроклимата наружную поверхность трансплантата накрывали пленочной полимерной мембраной 8 - полиэтиленовой пленкой толщиной 0,03 мм, полупроницаемой для воздуха и паров воды. Над трансплантатом устанавливали плоский отражатель 10 правильной четырехугольной формы размерами 50×50 мм, выполненный из листа алюминиевой фольги толщиной 0,02 мм. Помимо того, что алюминиевая фольга является электрооптическим материалом, способным отражать электромагнитные волны, она обладает зеркальной поверхностью.

стью. Существуют исследования, демонстрирующие активизацию метаболических процессов в биотканях путем воздействия на них собственными электромагнитными излучениями, отраженными от зеркальных поверхностей [5]. Размеры алюминиевого отражателя были подобраны таким образом, чтобы проекционно его контуры значительно перекрывали границы трансплантата. Для исключения прогибания отражателя, его края загибали в противоположную от трансплантата сторону, что способствовало упрочению конструкции. К поверхности отражателя, обращенной к трансплантату, клеем БФ-6 фиксировали монокристалл кремния 9 размерами  $5 \times 5 \times 1$  мм, площадь которого составляла  $V$  от площади трансплантата. Отражатель с установленным на нем кристаллом кремния представляет собой жесткую конструкцию плоской формы. При моделировании реальных условий применительно к трансплантатам с неровным рельефом поверхности (например, ушная раковина), учитывали, что различные участки трансплантата могут располагаться на неодинаковых расстояниях от плоского отражателя. Поэтому была поставлена задача определить расстояние от поверхности трансплантата до отражателя с кристаллом кремния, на котором кожные ткани трансплантата сохраняют жизнеспособность. С учетом этого отражатель последовательно устанавливали на опорных пластиковых планках 6 параллельно поверхности трансплантата на расстоянии от 1,0 до 6,0 см с интервалом 1,0 см. Пластиковый контейнер плотно закрывали крышкой 3 для предотвращения испарения воды, после этого помещали в электрический суховоздушный термостат 1 (ТС-80М-2), в котором с помощью автоматического регулятора поддерживалась постоянная температура воздуха  $37^{\circ}$  С. Оптимальное время выдерживания кожных трансплантатов в термостате, в течение которого они продолжают сохранять жизнеспособность, определяли последовательно каждый день на протяжении 6 суток.

В контейнеры с трансплантатами *контрольной* группы отражатели с кристаллами кремния не помещали.

Образцы кожи, которые были отнесены к *интактной* группе, в контейнерах не хранили и сразу направляли на гистологическое исследование.

По окончании термостатирования трансплантатов опытной и контрольной групп процессы, происходящие в дермальных тканях, изучали классическим гистологическим методом, срезы окрашивали гематоксилином – эозином.

**Результаты.** При гистологическом исследовании кожных трансплантатов в первую очередь оценивалось состояние волосяных фолликулов, поскольку эти структуры являются источниками регенерации кожи в случае ее глубоких повреждений и могут служить маркерами потенциальной жизнеспособности дермальных тканей при их трансплантации.

В *норме* в коже кролика в области спины в слое эпидермиса микроскопически различался выраженный эпителиальный слой, представленный 3-4 слоями крупных клеток (рис. 2). Была видна отчетливая структура волосяных фолликулов с округлыми клетками с хорошо прокрашивающимися ядрами.

В *контрольной* группе кожных трансплантатов, ввиду отсутствия их дистанционного взаимодействия с кристаллом кремния на отражателе, уже через один день после изоляции от организма определялись выраженные признаки дегенеративных изменений, что проявлялось в некрозе отдельных участков эпидермиса и дермы, а также кариолизисе в клетках волосяных фолликулов. По истечении 2 дней эпителиальный слой эпидермиса и дерма трансплантата полностью некротизировались (рис. 3), сохранялись только контуры волосяных фолликулов.

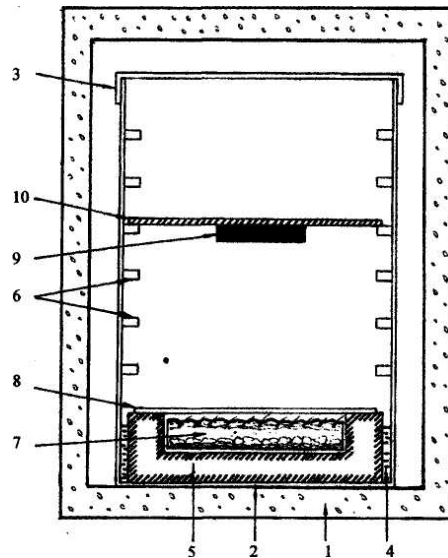


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – термостат; 2 – пластиковый контейнер; 3 – крышка контейнера; 4 – вода на дне контейнера; 5 – подставка; 6 – опорные планки; 7 – кожный трансплантат, 8 – полупроницаемая мембрана; 9 – монокристалл кремния; 10 – отражатель.



Рис. 2. Структура кожи спины кролика в норме. Окраска гематоксилином – эозином. Ув. x 100.

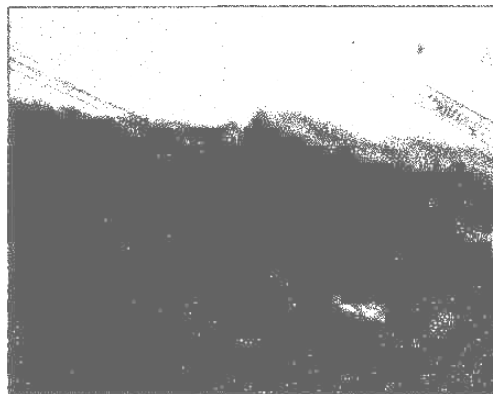
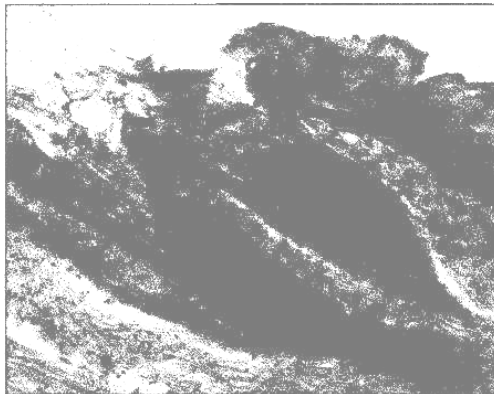


Рис. 3. Структура кожных трансплантатов контрольной группы через 2 дня после термостатирования. Окраска гематоксилином – эозином. Ув. x 100.

При термостатировании трансплантатов *опытной* группы на удалении от 1,0 до 4,0 см от отражателя с монокристаллом кремния, клеточная структура эпителиального слоя эпидермиса и волосяных фолликулов сохранялась практически неизменной в течение 4-х дней (рис. 4). Такое гистологическое строение трансплантатов практически не отличалось от структуры кожи в норме.



*Рис. 4.* Типичная структура тканей, характерная для кожных трансплантатов опытной группы, через 4 дня после их термостатирования на удалении от 1,0 до 4,0 см от отражателя с монокристаллом кремния. Окраска гематоксилином – эозином. Ув.  $\times 100$

При увеличении расстояния между трансплантатом и отражателем до 5,0 см в условиях 4-дневного термостатирования структура дермальных тканей трансплантата резко менялась (рис. 5). Выяснились выраженные дистрофические изменения в тканях трансплантата, большая часть дермы представлена некротическими массами, в ее отдельных участках встречались единичные соединительные клетки, в некоторых местах отмечалось небольшое количество остатков хроматина. А некротизирующихся волосяных фолликулах сохранились единичные клетки с пикнотичными ядрами.



*Рис. 5.* Структура кожных трансплантатов опытной группы через 4 дня после термостатирования на удалении 5,0 см от отражателя с монокристаллом кремния. Окраска гематоксилином – эозином. Ув.  $\times 100$

При увеличении расстояния между трансплантатом и отражателем до 6,0 см с первых суток термостатирования наблюдалась динамика дегенеративных процессов в дермальных тканях, завершающаяся тотальным некрозом всех слоев. При термостатировании трансплантатов свыше 4-х дней, в их тканях начинали стремительно развиваться процессы аутолиза, что приводило к быстрому некрозу трансплантатов, независимо от того, на каком расстоянии они находились от отражателя с монокристаллом кремния.

Таким образом, *in vitro* смоделированы условия для сохранения жизнеспособности кожных трансплантатов применительно к случаям, когда значительно выражена неровность их поверхности. Несмотря на полное отсутствие трофики, благоприятное воздействие на сохранение структуры кожных трансплантатов могли оказать излучаемые ими собственные электромагнитные поля, отраженные и преобразованные электрооптическими материалами.

Изучение гистологических препаратов выявило, что сохранение жизнеспособности кожных трансплантатов при полном нарушении трофики зависит от следующих факторов: 1) наличия металлической отражательной поверхности в комбинации с монокристаллом кремния; 2) расстояния, на котором поверхность трансплантата находится от отражателя; 3) времени, в течение которого у трансплантата остается нарушенной трофика.

Оптимальным и необходимым условием выживания кожных трансплантатов при нарушенной трофике является размещение рядом с ними зеркального отражателя в комбинации с монокристаллом кремния на протяжении 4-х дней, что сопоставимо с периодом врастания неососудов из дна раны в случае пересадки трансплантатов или их реимплантации. При этом в случае выраженной неровности рельефа поверхности трансплантата расстояние его отдаленных участков до отражателя не должно превышать 4,0 см.

**Заключение.** Проведенные эксперименты позволяют предположить существование у дермальных тканей восприимчивости к собственным излучениям, отраженным от электрооптических материалов, воздействие которых на кожные трансплантаты способствует сохранению их структуры в случае нарушения трофики. Дальнейшее изучение выявленных закономерностей может быть перспективным в плане использования в клинике для оптимизации кожной аутопластики и реимплантации с целью лечения полнослойных кожных ран различной этиологии, преимущественно, ожогов, на участках тела с неровным рельефом поверхности.

### **Литература**

1. Голубев С.Н. // Журнал общей биологии.– 1987.– Т. XLV, №6.– С. 784–805.
2. Ильинский АЛ и др. // Биофизика.– 2006.– Т.51, Вып. 4.– С.743–748.
3. Куротчето СП. и др. // ВНМТ.– 2006.– Т. XIII, №1.– С.161–164.
4. Никитюк И.Е. и др. // Акт. проблемы детской травматологии и ортопедии: Матер, научн.-практ. конф. Детских травматологов-ортопедов России.– Екатеринбург, 2007.– С.394–396.
5. Петраш В.В. к др. // Доклады Академии Наук.– 2004.– Т.396, №3.– С.410–413.
6. Петров К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника.– СПб.: Питер.– 2006.
7. Popp F.A. et al // Modern Physics Letters.– 1994.– V8.– P. 1269–1296.

### **OPTIMIZATION OF CONDITIONS FOR VIABILITY PROLONGATION OF ISOLATED SKIN TRANSPLANTS BY THE ACTION OF THEIR OWN REFLECTED FIELDS (EXPERIMENTAL STUDY)**

**K.A. AFONICHEV, I.E. NIKITYUK, V.V.PETRASH**

### **Summary**

The combined use of electrooptical materials (monocrystalline silicon and aluminium reflector) at a distance of no more than 4.0 cm from the surface of the skin transplant allows to maintain its viability during four days under conditions of a totally affected trophicity. A favorable effect on the structure conservation of skin transplants may have their own fields reflected back from the electrooptical materials. Inert

electrooptical materials can be regarded as a promising materials for clinical use to promote the healing of skin transplants in the treatment of deep burns.

**Key words:** skin transplants, bioelectrical effects, electrooptical materials

УДК 579; 543139; 663.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КОЛОНИЙ БАКТЕРИЙ

К.В. СУДАКОВ, А.Л. ГИНЦБУРГ, И.Н. СПИРИДОНОВ, А.В. САМОРОДОВ,  
О.А. АРТЮХОВА, Ю.М. РОМАНОВА

Задача исследования пространственной структуры координированных в пространстве объектов решалась в разных областях науки. Так, в органической химии такая задача была решена с целью определения взаимосвязи структуры молекул и свойств вещества. Для этого каждой органической молекуле сопоставлялся граф, для которого вычисляются различные наборы инвариантов, не зависящих от способа нумерации вершин графа и называемых топологическими индексами (ТИ). В основном топологические индексы рассчитываются по матрицам смежности и расстояний графа. К настоящему времени в органической химии были найдены корреляционные взаимосвязи между ТИ и различными физико-химическими свойствами соединений, такими как температура кипения, биологическая активность, реакционная способность и др. [1,2].

Значения ТИ существенно зависят как от структуры графа, так и от числа его вершин. Это приводит к невозможности прямого использования ТИ для описания характера пространственного расположения однотипных несвязанных объектов. Для решения данной задачи необходимо связать отдельные объекты, т.е. построить граф, и модифицировать ТИ для достижения их инвариантности к числу вершин графа. Наиболее удобным методом построения графа для однотипных объектов является метод триангуляции. В настоящее время наиболее распространенным методом триангуляции является триангуляция Делоне. Она строится однозначно и соединяет опорные точки в сеть локально наиболее правильных треугольников.

В настоящей работе рассматривались следующие наиболее часто используемые ТИ: индекс Винера (W); число полярности (P); связность по сумме усредненных расстояний (JJ); индекс среднеквадратических расстояний (D2); индекс расстояний в графе (GDI); полином расстояний (Zz); индекс Харари (H); индекс Гордона-Скентлберри (Y); индекс Платта (F); индекс полной смежности (Aa); индекс связности Рандича (X); индексы загребской группы – первый (M1) и второй (M2); код сравнимости (V); индекс сравнимости (M3); индекс наибольшего собственного значения (L) [3,4]. Для вычисления данных ТИ использовались следующие матрицы, характеризующие структуру графа:

1. Матрица смежности с элементами

$$A_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если ребра } i \text{ и } j \text{ соединены ребром;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

2. Матрица расстояний с элементами

$$D_{ij} = v_{ij}, \quad \text{где } v_{ij} \text{ – минимальное число рёбер между вершинами } i \text{ и } j.$$

3. Матрицы минимальных путей в графе с элементами

$$E_{ij} = \sum_{k=1}^{v_{ij}} \left( e^{\frac{d_k^{ij}}{L}} - 1 \right),$$

$$N_{ij} = \sum_{k=1}^{v_{ij}} \frac{d_k^{ij}}{L}, \quad \text{где}$$

$d_k^{ij}$  – длина  $k$ -го ребра минимального пути в графе между вершинами  $i$  и  $j$ ,

$L$  – эквивалентный радиус графа (нормировочный коэффициент):

$$L = \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad \text{где } S \text{ – площадь выпуклого многоугольника, натянутого на вершины графа.}$$

4. Матрица нормированных геометрических расстояний между вершинами с элементами

$$G_{ij} = \frac{d_{ij}}{L}, \quad \text{где } d_{ij} \text{ – геометрическое расстояние между вершинами } i \text{ и } j.$$

Нормировка производилась для того, чтобы исключить влияние масштаба изображения на значения индексов. ТИ, вычисляемые по матрицам  $E$ ,  $N$  и  $G$ , обозначаются нижним индексом возле названия соответствующего ТИ, например:  $W_E$ ,  $W_N$ ,  $W_G$ . ТИ, вычисляемые по матрице  $A$ , обозначаются без нижнего индекса, например:  $F$ ,  $X$ ,  $M1$ .

Математическое описание пространственной структуры координированных объектов. Значения ТИ существенно зависят от числа вершин графа и поэтому непригодны для описания особенностей пространственной структуры точечных объектов с изменяющимся числом вершин. Для построения модифицированных топологических индексов (МТИ), инвариантных к числу вершин графа, было проведено исследование зависимости значений ТИ от числа вершин. Для этого были созданы модельные изображения с различными типами распределения координат объектов на плоскости: равномерным, гауссовым и регулярным (с координатами вершин в узлах прямоугольной сетки) распределениями (рис. 1). Для каждого распределения рассчитывались ТИ при изменении числа вершин графа от 9 до 200. Значение каждого ТИ для каждого числа вершин было получено усреднением по 100 изображениям.

В результате проведенного анализа были построены аналитические зависимости значений ТИ от числа вершин графа, которые являются одинаковыми для разных типов распределений объектов на изображении. Примеры разных типов зависимости значения ТИ от числа вершин графа приведены на рис. 2. В результате анализа данных зависимостей были предложены МТИ, обладающие свойством инвариантности к числу вершин графа. МТИ обозначаются верхним индексом  $m$  возле названия соответствующего ТИ, например:  $W_E^m$ ,  $F^m$ .

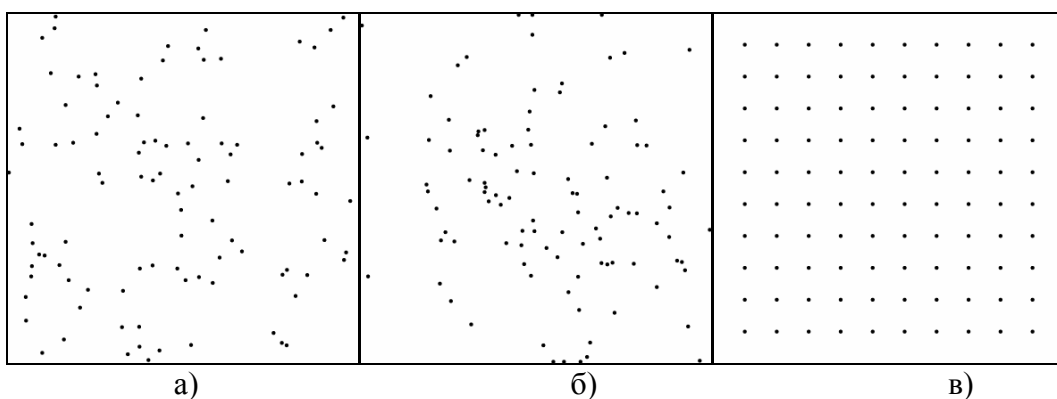


Рис. 1. Пример изображений с различными законами распределения объектов: а) равномерным, б) гауссовым, в) регулярным

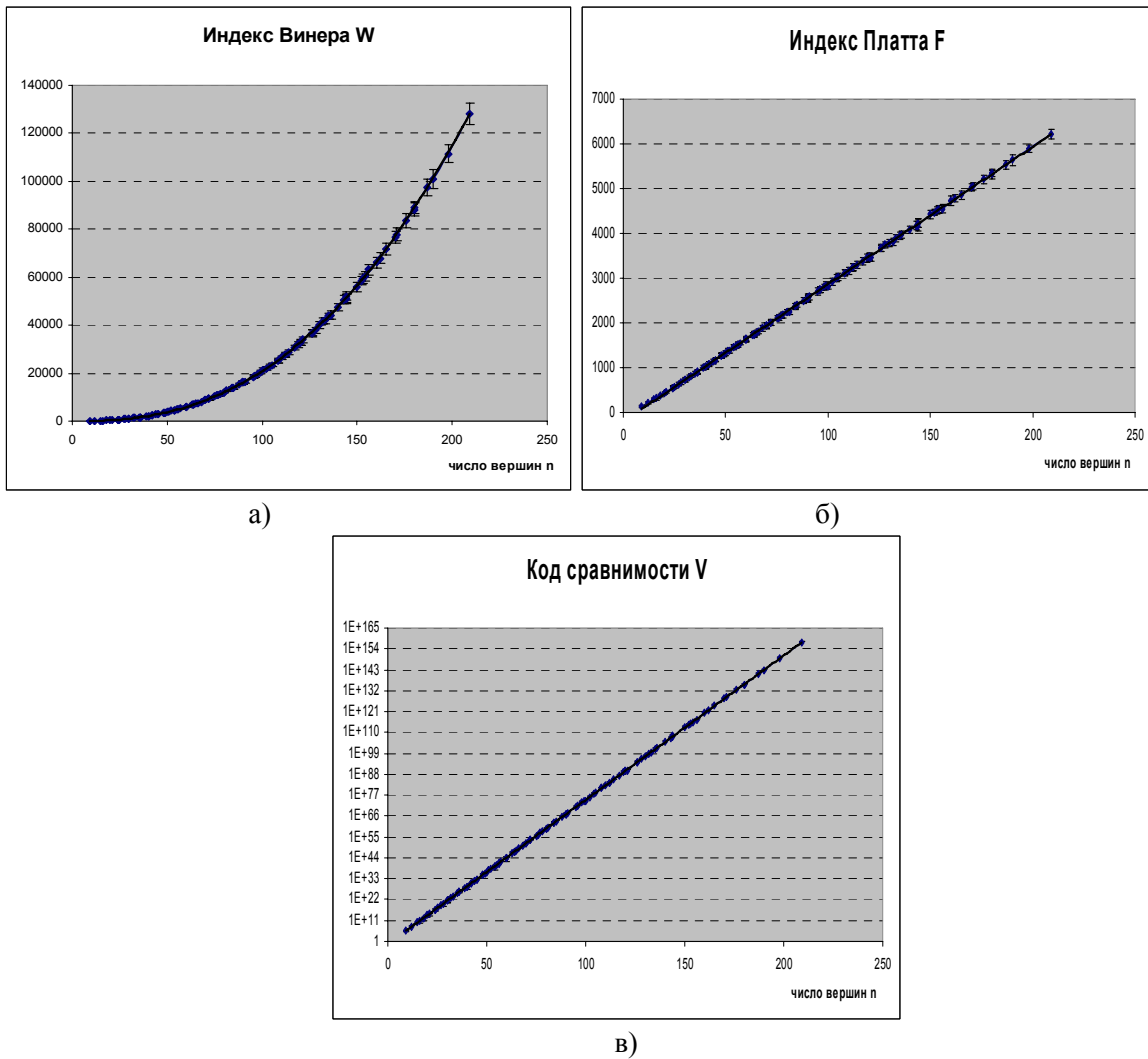


Рис. 2. Различные зависимости топологических индексов от числа вершин:  
 а) степенная, б) линейная, в) экспоненциальная

**Результаты исследований.** Для исследований использовались культуры близкородственных видов кишечных бактерий *Salmonella enterica* ser. Typhimurium штамм С53 и *Escherichia coli* штамм J62, свежую суспензию которых рассеивали на чашках Петри для каждого вида в сравнимых концентрациях. Проведено две серии эксперимента в разное время, соответственно, 1-я серия – 6 февраля 2008 года (по 20 чашек Петри каждого вида бактерий) и 2-я – 2 июля 2008 года (по 10 чашек Петри каждого вида бактерий).

Этапами анализа бактериологических препаратов являются регистрация их изображений, сегментация изображений, триангуляция и вычисление МТИ (рис. 3).

Коэффициент информативности МТИ рассчитывался по формуле:

$$K_{инф} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}, \text{ где}$$

$\bar{x}_1, \bar{x}_2$  – среднее значение МТИ для каждого вида бактерий;

$S_1^2, S_2^2$  – дисперсия значений МТИ для каждого вида бактерий.



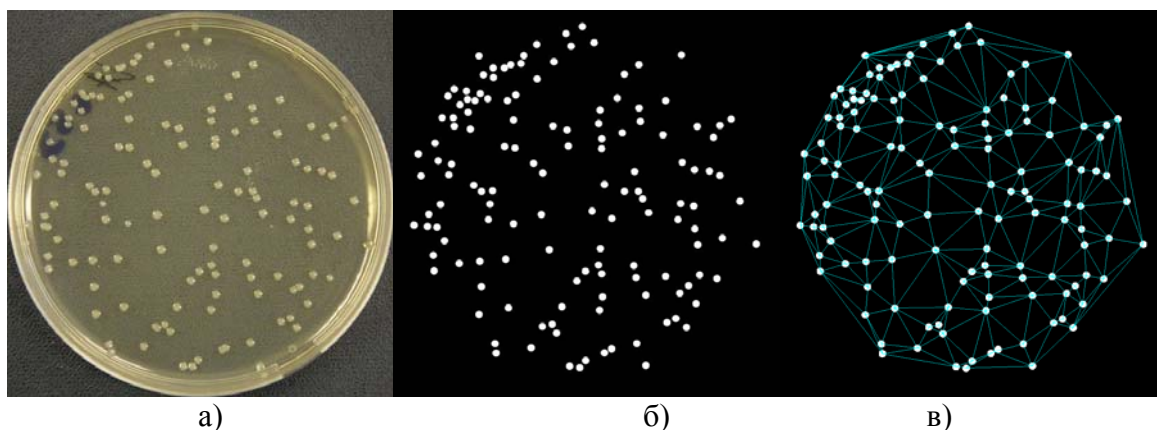


Рис. 3. Анализ бактериологических препаратов а) зарегистрированное изображение препарата, б) сегментированное изображение, в) результат триангуляции

По результатам расчета коэффициентов информативности для 1-й серии препаратов были отобраны наиболее информативные МТИ, представленные в табл. 1.

Таблица 1

**Наиболее информативные МТИ для 1-й серии препаратов**

№	Наименование	Обозначение	Формула для вычисления МТИ	$K_{инф}$
1	Связность по сумме усредненных расстояний	$JJ_E^m$	$JJ_E^m = JJ_E - 2,38 * n$	2,30
2	Индекс среднеквадратических расстояний	$D2_G^m$	$D2_G^m = \frac{D2_G}{n^{(-0.19)}}$	1.99
3	Индекс среднеквадратических расстояний	$D2_N^m$	$D2_N^m = \frac{D2_N}{n^{(-0.18)}}$	1.91
4	Индекс Винера	$W_G^m$	$W_G^m = \frac{W_G}{n^{1.83}}$	1.87
5	Индекс Винера	$W_N^m$	$W_N^m = \frac{W_N}{n^{1.84}}$	1.78

Результаты расчета значений индексов для 1-й серии препаратов представлены далее на рис. 4.

Индекс  $JJ_E^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 177,34. При этом 2 (10%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium. Индекс  $D2_G^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 2,86. При этом 3 (15%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium. Индекс  $D2_N^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 2,89. При этом 3 (15%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium. Индекс  $W_G^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 1,16. При этом 3 (15%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium. Индекс  $W_N^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 1,16. При этом 2 (10%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium. Таким образом, можно считать установленным факт наличия явления пространственной координации бактерий, характер которой зависит от типа бактерий.

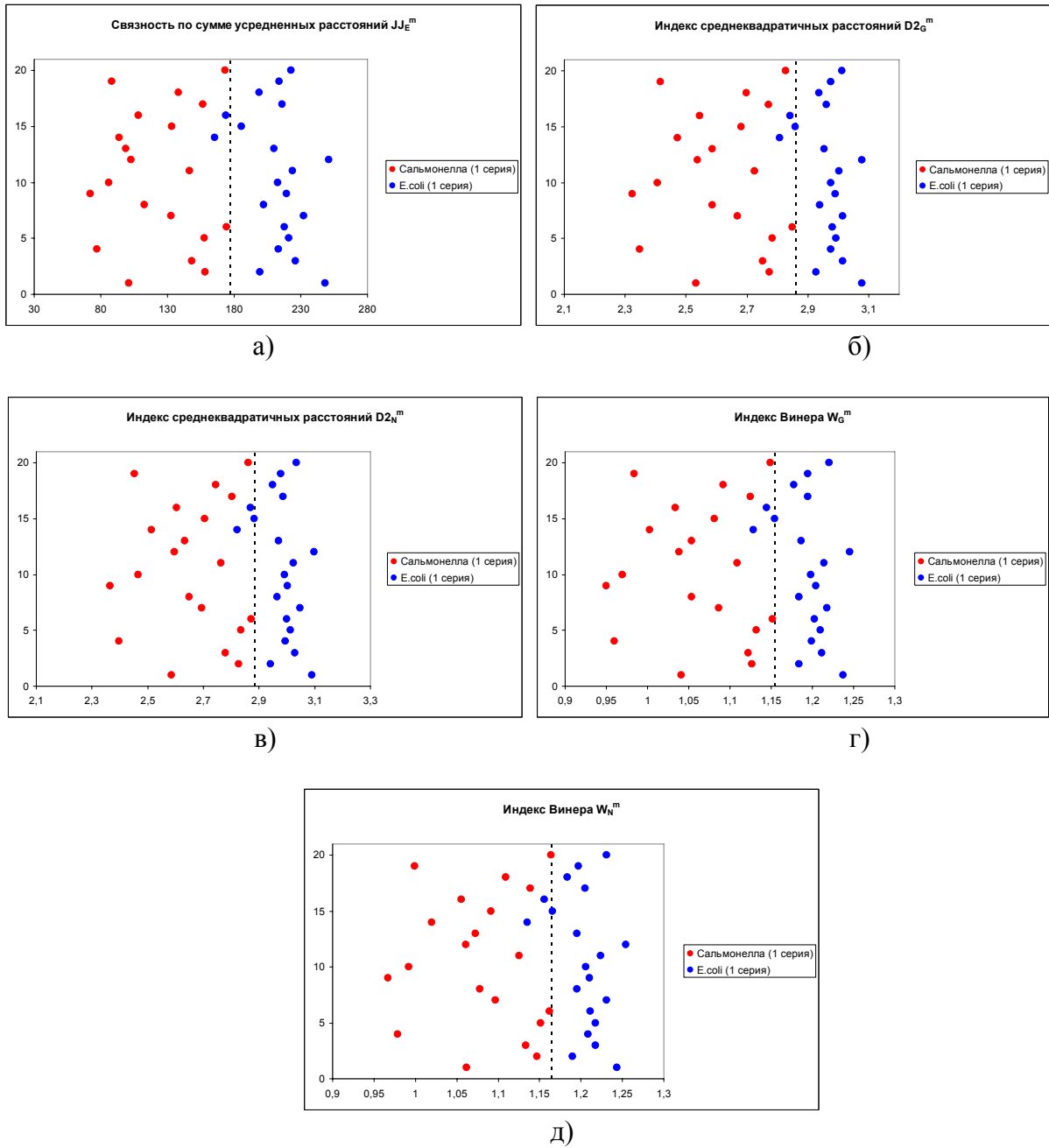


Рис. 4. Значения информативных МТИ для 1-й серии препаратов  
 а)  $JJ_E^m$ , б)  $D2_G^m$ , в)  $D2_N^m$ , г)  $W_G^m$ , д)  $W_N^m$

Для верификации полученных результатов был выполнен вторичный посев тех же бактерий, названный 2-й серией и приготовленный 2 июля 2008 года, по 10 чашек Петри каждого вида бактерий. Результаты расчета значений информативных МТИ для препаратов 2-й серии представлены далее на рис. 5.

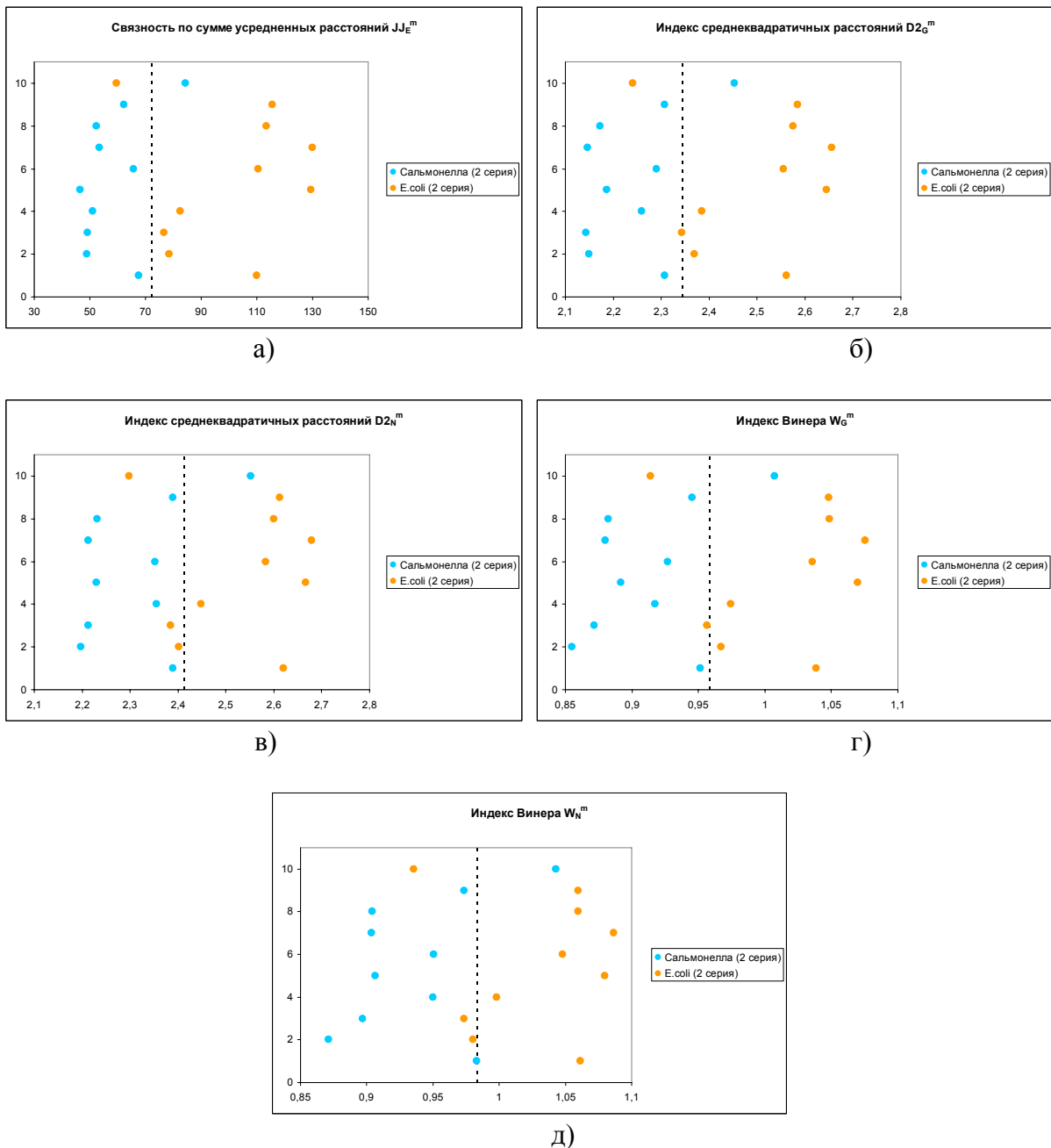


Рис. 5. Значения информативных МТИ для 2-й серии препаратов

а)  $JJ_E^m$ , б)  $D2_G^m$ , в)  $D2_N^m$ , г)  $W_G^m$ , д)  $W_N^m$

Индекс  $JJ_E^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 72.09. При этом 1 (10%) препарат E.coli ошибочно попадает в группу препаратов S.typhimurium и 1 (10%) препарат S.typhimurium ошибочно попадает в группу препаратов E.coli. Индекс  $D2_G^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 2.34. При этом 2 (20%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium C53 и 1 (10%) препарат S.typhimurium ошибочно попадает в группу препаратов E.coli. Индекс  $D2_N^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 2.41. При этом 3 (30%) препарата E.coli ошибочно попадают в группу препаратов S.typhimurium и 1 (10%) препарат S.typhimurium ошибочно попадает в группу препаратов E.coli. Индекс

$W_G^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 0.96. При этом 2 (20%) препарата *E.coli* ошибочно попадают в группу препаратов *S.typhimurium* и 1 (10%) препарат *S.typhimurium* ошибочно попадает в группу препаратов *E.coli*. Индекс  $W_N^m$  позволяет различить препараты бактерий различных видов с использованием порогового значения 0.98. При этом 3 (30%) препарата *E.coli* ошибочно попадают в группу препаратов *S.typhimurium* и 1 (10%) препарат *S.typhimurium* ошибочно попадает в группу препаратов *E.coli*. Таким образом, были подтверждены результаты 1-й серии экспериментов, что свидетельствует о явлении пространственной координации бактерий при их рассеивании на плотной среде, исходя из принятого положения о том, что каждая колония образуется из одной клетки рассеиваемой суспензии.

**Выводы.** Предложены модели генерации искусственных изображений колоний бактерий с разным характером распределения координат центров колоний.

Предложен математический аппарат для описания структуры пространственного распределения колоний бактерий в микробиологическом препарате – модифицированные топологические индексы (МТИ).

Установлено наличие явления пространственной координации бактерий, характер которой зависит от вида бактерий.

### **Литература**

1. Химические приложения топологии и теории графов: пер. с англ. / Под ред. Р.Кинга. – М.: Мир, 1987. – 560 с.
2. Применение теории графов в химии / Под ред. Н.С. Зефирова и С.И. Кучанова. – Новосибирск: Наука, 1988. – 306 с.
3. *Виноградова М.Г.* Теория графов в исследовании корреляций "структура – свойство". // Успехи современного естествознания. – 2006. – №11. – С. 37.
4. *Харари Ф.* Теория графов: пер. с англ. / Под ред. Г.П.Гаврилова. – М.: Мир, 1973. – 304 с.

### **THE STUDY OF SPATIAL ORGANIZATION OF BACTERIUM'S COLONIES**

**K.V. SUDAKOV, A.Z. GINTBURG, I.N. SPIRIDONOV, A.V. SAMORODOV,  
O.A. ARTYUKHOVA, YU.M. ROMANOVA**

### **Summary**

The models of regeneration artificial images of bacterium's colonies with different dispersion coordinates of colony centers are proposed.