

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*A.M. Gupal, I.I. Lanovenko,  
T.J. Grachova, O.S. Vorobyov*

## **THE ANALYSIS OF CORRELATION AND REGRESSION IN RESEARCH GENESIS OF HEMIC HYPOXIA.**

*This article describes results of application of correlations and regression methods in data processing systems for medical researches improving.*

*Про результати застосування кореляційно-регресивних методів, представлених в інтегрованих системах обробки даних, для вдосконалення медичних досліджень.*

*О результатах применения корреляционно-регрессионных методов, представленных в интегрированных системах обработки данных, для совершенствования медицинских исследований.*

---

© А.М. Гупал, И.И. Лановенко,  
Т.Я. Грачёва, А.С. Воробьёв,  
2008

УДК 681.3

А.М. ГУПАЛ, И.И. ЛАНОВЕНКО,  
Т.Я. ГРАЧЁВА, А.С. ВОРОБЬЁВ

## **КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГЕНЕЗА ГЕМИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ**

В медицинских и медико-биологических исследованиях широко представлены многие методы и средства математического анализа, например, такие как вероятностный и статистический анализы. Наряду с этим медицинские данные, а также результаты медико-биологических экспериментов могут служить базой для возникновения новых направлений научных исследований. Яркими примерами могут быть открытие двунигетивной спирали ДНК, витаминов, антибиотиков, ферментов и целый ряд других разработок.

В развитие фундаментальных работ школы академика Н.Н. Сиротинина относительно механизмов адаптации к гипоксии, в лаборатории патофизиологии Института гематологии и трансфузиологии АМН Украины проводятся исследования патогенеза анемий с позиций оценки функционального состояния кислородтранспортной системы (КТС), транспорта и утилизации кислорода, развития и компенсации гемической гипоксии. Получены оригинальные данные о закономерностях и механизмах повреждения кислородтранспортной системы при железодефицитных, гемолитических и апластических анемиях.

В исследованиях, проведенных в лаборатории с применением экспериментальных, клинико-физиологических, биохимических морфофункциональных и статистических методов, получены данные об изменениях

всех составляющих элементов (подсистем) кислородтранспортной системы: внешнего дыхания и газообмена, системной гемодинамики, газового состава и кислотно-основного состояния крови, эритрона, костно-мозгового кроветворения, кислородных режимах организма и тканевого метаболизма. Определяли также ассоциированные с КТС важнейшие факторы и биологически активные вещества: например, состояние прокоагулянтных и антикоагулянтных активностей крови и гемореологии, показатели обмена железа, содержание в крови антиоксидантов, оксида азота, эритропоэтина для изучения механизмов выявляемых реакций [1–5]. Эти данные охватывают период более 10 лет и представлены по категориям здоровых и больных людей, а также для модельных экспериментов на животных. Для подтверждения полученных физиологических закономерностей, решения задач диагностики или, например, коррекции кислородтранспортной системы в условиях гипоксии, важное значение могут иметь такие методы математической статистики как корреляционно-регрессионный анализ. В аспекте решения проблемы гипоксии данный подход весьма плодотворный, однако должного применения пока не получил [6, 7].

Цель исследований – изучение эффективности методов корреляционно-регрессионного анализа для оценки взаимосвязей и взаимодействия между отдельными показателями КТС, выявления на этой основе наиболее информативных физиологических критериев гемической гипоксии с последующей аппроксимацией их в качестве критериев диагностики и прогноза анемий.

Правильная постановка задачи и планирование исследований дают возможность использовать аппарат статистического анализа данных с применением компьютерных программ, что позволяет установить взаимное влияние большого количества учитываемых признаков и отобрать наиболее значимые.

Корреляционно-регрессионный анализ один из основных подходов в выявлении (измерении) связи между исследуемыми показателями. Представляет собой комплекс методов, с помощью которых может быть определен вид уравнения для описания взаимозависимостей, выполнен расчет параметров полученного уравнения, а также установлена теснота и значимость связи между переменными в уравнении или уравнениях.

Основные этапы математического моделирования при проведении настоящего исследования:

- сбор и обработка данных;
- спецификация моделей – выбор конкретной формы аналитической зависимости между показателями;
- оценивание параметров моделей.

Выполнение этапа сбора и обработки статистической информации, который по своему содержанию был самым длительным и дорогостоящим, включало проведение прямых медицинских определений (проведение измерений, забор материала и проведение клинико-лабораторных анализов), вычисление расчетных показателей и фиксирование результатов в виде, предполагавшем дальнейшую обработку полученной информации с помощью универсальных интег-

рированных систем на персональном компьютере. К сожалению, отсутствие специально подготовленного персонала, а также специфических программных средств, предполагающих правильное формирование исходных данных, привело в дальнейшем к значительным по объему рутинным процедурам подготовки входных данных для обработки их с использованием компьютерных систем.

В данном случае исследования генеза гипоксии как типического патологического процесса использовали все важнейшие показатели КТС [1, 7–9]. Приведем перечень массивов данных применительно к изучению генеза гемической гипоксии при анемиях [10], которые занимают доминирующее место среди заболеваний системы крови и составляют не только медико-биологическую, но и социальную проблему.

Объект исследования:

– *люди*: больные анемией, практически здоровые испытуемые, доноры (контроль);

– *животные*: крысы с экспериментальными моделями анемии – гемической гипоксии различного генеза.

Характеристические показатели:

1. *Общие* антропометрические показатели: пол, возраст, масса тела, площадь поверхности тела.

2. Показатели *периферической крови* – гемограмма, показатели периферического эритрона (ПЭ): количество эритроцитов – Эр, лейкоцитов – Л, тромбоцитов – Тр, ретикулоцитов – Рет, содержание гемоглобина – Нб, среднее содержание гемоглобина в эритроците – ССГ, цветовой показатель – ЦП, гематокритная величина – Гт, относительное содержание лейкоцитов (лейкоцитарная формула).

3. Показатели *кислородтранспортной функции* крови – КТФ (основные параметры дыхательной функции, газового состава и кислотно-основного состояния крови, системного кровообращения, кислородсвязывающих свойств гемоглобина, кислородных режимов крови, тканевого метаболизма): концентрация (содержание) общего гемоглобина – Нб; концентрации производных гемоглобина – метгемоглобина, сульфгемоглобина и карбоксигемоглобина – МтНб, SHб, НбСО; количество эритроцитов – Эр; цветовой показатель – ЦП; среднее содержание гемоглобина в эритроците – ССГ; концентрации в эритроцитах аденозинтрифосфорной кислоты – АТФ, фосфора неорганического – Фн и 2,3-дифосфоглицерата –ДФГ; концентрация железа в сыворотке крови – СЖ; общая железосвязывающая способность сыворотки крови – ОЖСС; ненасыщенная железосвязывающая способность сыворотки – НЖСС; насыщение трансферрина железом – НТЖ; напряжение кислорода в артериальной и смешанной венозной крови – РаО<sub>2</sub>, РvО<sub>2</sub>; P<sub>50</sub> – напряжение кислорода при 50 % НbО<sub>2</sub>; кислородная емкость крови – СmaxО<sub>2</sub>; содержание кислорода в артериальной и смешанной венозной крови – СаО<sub>2</sub>, СvО<sub>2</sub>; артерио-венозное различие по кислороду – avDO<sub>2</sub>; минутный объем крови – Q (МОК); объемная скорость транспорта кислорода артериальной и смешанной венозной кровью – VaО<sub>2</sub>,

$VvO_2$ ; потребление кислорода тканями –  $VO_2$ ; соотношение доставки кислорода к его потреблению –  $VaO_2/VO_2$  (SCR); напряжение углекислого газа в артериальной и смешанной венозной крови –  $PaCO_2$ ,  $PvCO_2$ ; концентрация буферных оснований в артериальной и смешанной венозной крови –  $BVa$ ,  $BVv$ ; сдвиг буферных оснований –  $BEa$ ,  $BEv$ ; концентрация бикарбонатов –  $ABa$ ,  $ABv$ ; pH артериальной и смешанной венозной крови –  $pHa$ ,  $pHv$ ; концентрация молочной кислоты в крови –  $CL$ .

4. Показатели *обмена железа*: концентрация железа в сыворотке крови – СЖ, общая железосвязывающая способность сыворотки крови – ОЖСС, ненасыщенная железосвязывающая способность сыворотки – НЖСС, насыщение трансферрина железом – НТЖ.

5. Показатели системной *гемодинамики* (кровообращения): артериальное давление систолическое – АДс, диастолическое – АДд, среднее – САД, частота сердечных сокращений – ЧСС, минутный объем крови – МОК, ударный объем крови – УОК, сердечный СИ и систолический (ударный) – УИ индексы, рабочий РИЛЖ и рабочий ударный индекс левого желудочка – РУИЛЖ, общее периферическое сопротивление – ОПС.

6. Показатели тестирования *физиологически активных веществ* (ФАВ): активность в сыворотке крови активатора эритропоэза эритропоэтина – ЕРО, содержание в плазме (пл.) и эритроцитах (эр.) крови стабильных конечных метаболитов оксида азота (NO) – нитрита аниона ( $NO_2^-$ ) и нитрата аниона ( $NO_3^-$ ):  $NO_2^-$  пл.,  $NO_2^-$  эр.,  $NO_3^-$  пл.,  $NO_3^-$  эр.

7. Показатели *костно-мозгового кроветворения*: клеточный состав костного мозга, лейко-эритроцитарное соотношение, индекс созревания нейтрофилов – ИСН и эритробластов – ИСЭ.

Следующий этап работы представлял собственно адаптацию компьютерной технологии на использование методов корреляционно-регрессионного анализа для исследования и моделирования физиологической закономерности о взаимозависимости образования эритропоэтина, кроветворения и состояния кислород-транспортной системы. Изучалась взаимосвязь показателя активности ЭРО и важнейших (интегральных) показателей состояния КТС, которые представлены в массивах данных ПЭ (Эр, Hb, Гт), КТФ ( $VO_2$ , SCR), метаболизма (СЖ, ОЖСС). Предположительно эта взаимосвязь могла быть выражена уравнением многофакторной или даже простой линейной регрессии. Спецификация модели на линейность шла в силу влияния психологического фактора – линейная связь воспринималась исследователями-медиками с «минимальным внутренним сопротивлением».

Первоначально для проведения расчетов использовались средства электронных таблиц Excel. Был проведен корреляционный анализ, цель которого установить характер связи – прямая или обратная и силу связи – отсутствует, слабая, умеренная, заметная, сильная, весьма сильная и полная связь. Рассмотрим весь этап определения взаимосвязи факторов на примере значений по группе анализов ЭРО, представленных в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	NO <sub>пл</sub>	NO <sub>эр</sub>	ЕРО
0,29	0,27	1,70	1,78	1,99	2,05	19,1
0,27	0,24	1,68	1,46	1,95	1,70	3,6
0,16	0,14	1,41	1,28	1,57	1,42	15,8
0,24	0,22	1,73	1,47	1,97	1,69	21,4
0,51	0,47	3,51	2,93	4,02	3,40	28,3
0,64	0,58	1,45	1,34	2,09	1,92	15,7
0,55	0,51	2,36	2,05	2,91	2,56	11,2
0,19	0,18	1,62	1,45	1,81	1,63	10,6
0,3	0,26	4,07	3,54	4,37	3,80	22,8
0,45	0,42	1,88	1,74	2,33	2,16	9,7
0,32	0,29	2,52	2,23	2,84	2,52	24,8
0,34	0,31	1,28	1,16	1,62	1,47	26,9
0,25	0,29	3,34	2,90	3,59	3,19	14,5
0,71	0,6	2,19	1,87	2,9	2,47	22,5
0,24	0,22	2,64	2,4	2,88	2,62	29,4
0,27	0,25	1,91	1,75	2,18	2	30,9
0,18	0,17	2,85	2,69	3,03	2,86	24,7
0,42	0,38	1,69	1,51	2,11	1,89	9,3

Применяя элемент <КОРРЕЛЯЦИЯ> из <ПАКЕТ АНАЛИЗА> позиции Сервис электронных таблиц Excel, получаем необходимую для дальнейшего анализа корреляционную матрицу в виде табл. 2.

ТАБЛИЦА 2

	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	NO пл.	NO эр.	ЕРО
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	1						
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	0,99	1					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	-0,01	0,02	1				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	-0,06	-0,02	0,99	1			
NO пл.	0,19	0,22	0,98	0,96	1		
NO эр.	0,15	0,18	0,98	0,98	0,99	1	
ЕРО	-0,07	-0,09	0,34	0,36	0,32	0,33	1

Рассмотрим содержательное значение этой корреляционной матрицы. При анализе определились факторы, влияющие на исследуемую зависимую переменную ЭРО. Полученная интерпретация данных позволила установить зависимости данного показателя от показателей  $\text{NO}_3^-$  эр.,  $\text{NO}_{\text{пл.}}$ ,  $\text{NO}_{\text{эр.}}$ . Анализ связей этих трех независимых переменных между собой указывает на возможность получить уравнение простой линейной регрессии. Применяя элемент <РЕГРЕССИЯ> из Excel и проведя «ручную» интерпретацию полученных результатов, имеем следующее уравнение:

$$\text{ЭРО} = 10,9 + 3,15\text{NO}_{\text{пл.}}$$

Представленный процесс можно назвать полуавтоматическим. Он достаточно трудоемкий и требует постоянного вмешательства специалиста-аналитика.

Переходим к следующему этапу моделирования – оцениваем параметры модели. Приходится констатировать, что уравнение статистически не значимо – коэффициент детерминации R-квадрат для этого уравнения очень низкий. Это может свидетельствовать о возможности влияния на отклик, т. е. показатель ЭРО, не каждой из рассматриваемых переменных в отдельности, а о явлении совместного воздействия, плюс из-за возможности «ручного выбора» включаемых в уравнение переменных, дальнейшее получение уравнения регрессии носит приблизительный характер.

Использование интегрированных систем обработки данных, таких, например, как пакет статистического анализа SPSS-15, позволяет исследованию полностью автоматизировать, что исключает возможность ошибочных «ручных» манипуляций. Результат представляется в полном объеме моделируемых связей. Далее рассмотрим пример полученных результатов расчетов:

Notes		
Output Created		27-MAR-2008 17:23:48
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	18
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.(a)	,	Enter
2	,	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= ,100).
3	,	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= ,100).
4	,	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= ,100).
5	,	NO <sub>эп.</sub>	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= ,100).
a Tolerance = ,000 limits reached.			
b Dependent Variable: ЭРО			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,472(a)	,223	-,016	8,06262
2	,462(b)	,213	,045	7,81895
3	,367(c)	,135	,019	7,92115
4	,332(d)	,110	,055	7,77651
5	,000(e)	,000	,000	7,99906
a Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.				
b Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.				
c Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп				
d Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub>				

ANOVA(f)						
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
1	Regression	242,668	4	60,667	,933	,475(a)
	Residual	845,077	13	65,006		
	Total	1087,744	17			
2	Regression	231,840	3	77,280	1,264	,325(b)
	Residual	855,905	14	61,136		
	Total	1087,744	17			
3	Regression	146,575	2	73,288	1,168	,338(c)
	Residual	941,169	15	62,745		
	Total	1087,744	17			
4	Regression	120,159	1	120,159	1,987	,178(d)
	Residual	967,585	16	60,474		
	Total	1087,744	17			
5	Regression	,000	0	,000	,	,(e)
	Residual	1087,744	17	63,985		
	Total	1087,744	17			
a Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.						
b Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.						
c Predictors: (Constant), NO <sub>эп.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эп.						
d Predictors: (Constant), NO <sub>эп</sub>						
e Predictor: (constant)						
f Dependent Variable: ЭРО						

Coefficients(a)					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	10,616	8,501		1,249	,234
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	114,073	97,619	2,291	1,169	,264
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	147,319	115,486	-2,571	-1,276	,224
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	-7,806	19,126	-,778	-,408	,690
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	14,368	22,767	1,227	,631	,539
Constant	12,136	7,410		1,638	,124
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	111,581	94,483	2,241	1,181	,257
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	137,267	109,419	-2,395	-1,255	,230
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	5,159	2,931	,441	1,760	,100
Constant	12,161	7,507		1,620	,126
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	-9,082	13,996	-,158	-,649	,526
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	4,228	2,860	,361	1,479	,160
Constant	10,005	6,609		1,514	,15
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	3,892	2,761	,332	1,410	,17
Constant	18,956	1,885		10,054	,000
a Dependent Variable: ЭРО					

Excluded Variables(f)						
		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
1	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	,(a)	,	,	,	,000
	NO <sub>пл.</sub>	,(a)	,	,	,	,000
2	NO <sub>пл.</sub>	-,792(b)	-,408	,690	-,112	1,586E-02
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	-,778(b)	-,408	,690	-,112	1,643E-02
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	,(c)	,	,	,	,000
3	NO <sub>пл.</sub>	-,203(c)	-,106	,917	-,028	1,693E-02
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	-,639(c)	-,331	,745	-,088	1,649E-02
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	2,241(c)	1,181	,257	,301	1,561E-02
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	,763(d)	,649	,526	,165	4,172E-02
4	NO <sub>пл.</sub>	-,513(d)	-,286	,778	-,074	1,841E-02
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	,340(d)	,286	,779	,074	4,160E-02
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	-,121(d)	-,494	,629	-,126	,979
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	-,158(d)	-,649	,526	-,165	,967
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> эр.	,357(e)	1,530	,146	,357	1,000
5	NO <sub>пл.</sub>	,320(e)	1,350	,196	,320	1,000
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл.	,340(e)	1,444	,168	,340	1,000
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл.	-,070(e)	-,279	,784	-,070	1,000
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.	-,093(e)	-,374	,714	-,093	1,000
	NO <sub>эр.</sub>	,332(e)	1,410	,178	,332	1,000
a Predictors in the Model: (Constant), NO <sub>эр.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.						
b Predictors in the Model: (Constant), NO <sub>эр.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> пл., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.						
c Predictors in the Model: (Constant), NO <sub>эр.</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> эр.						
d Predictors in the Model: (Constant), NO <sub>эр.</sub>						

При реализации расчетов в среде SPSS практически моментально получаем шесть отчетов:

- Notes – описание технических параметров расчетов;
- Variables Entered/Removed(b) – вводимые–исключаемые переменные с указанием используемого метода. В данном случае применялся backward;
- Model Summary – в эту таблицу включена сводка различных суммарных показателей – детерминации, множественной корреляции и т. д.;
- ANOVA(f) – дисперсионный анализ, Позволяет проконтролировать аргументацию последовательности исключений по содержанию графы F;
- Coefficients(a) – поданы главные параметры итоговой модели, а также главный аргумент для исключения независимой переменной по итогам каждого шага – *t*-коэффициент;
- Excluded Variables(f) – полное описание процесса исключения переменных.

Подобную результативность обработки данных и получение регрессионной модели зависимости между показателями дает и использование пакета STATISTICA. Кроме того, при использовании этого пакета можно провести различение данных относительно определенных признаков типа «болен» – «здоров» [11].

1. *Механизмы развития и компенсации гемической гипоксии* / М.М Середенко., В.П Дударев., И.И. Лановенко и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 200 с.
2. *Уразаев А.Х., Зефирова А.Л.* Физиологическая роль оксида азота // Успехи физиол. наук. – 1999. – 30, № 1. – С. 54 – 72.
3. *Furchgott R.F., Zawadzki J.V.* The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine // Nature. – 1980. – 288, N 5789. – P. 373 – 376.
4. *Ignarro L.J., Byns R.E., Buga G.M., Wood K.S.* Endothelium-derived relaxing factor from pulmonary artery and vein possesses pharmacological and chemical properties identical to of nitric oxide radical // Circ. Res. – 1987. – 61, N 6. – P. 866 – 879.
5. *Tarnag D.-C., Huang T.-P., Wei Y.-H.* Erythropoietin and iron: the role of ascorbic acid // Nephrology Dialysis Transplantation: Official Publication of the European Renal Association. – Oxford: Oxford University Press, 2001. – 16, N Suppl. 5. – P. 35 – 39.
6. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1973. – 343 с.
7. *Лановенко И.И., Коцюруба А.В.* Алгоритм исследования взаимодействия оксида азота и кислородтранспортной функции крови в экспериментальных условиях // Новое в гематологии и трансфузиологии: Междунар. науч.-практ. рец. сб. – 2007. – Вып. 7. – С. 101 – 109.
8. *Bauer C.* Hypoxia: On the borderline between physiology and pathophysiology // Experientia. – 1990. – 46, N 11 – 12. – P. 1157 – 1160.
9. *Fisher J.W.* Erythropoietin: Physiology and Pharmacology Update // Exp. Biol. and Med. – 2003. – 228. – P. 1 – 14.
10. *Алексеев Н.А.* Анемия: Практ. руководство. – Санкт-Петербург: Гиппократ, 2004. – 511 с.
11. *Халафян А.А.* STATISTICA 6. Статистический анализ данных – М.: БИНОМ, 2007. – 496 с.

Получено 09.07.2008