



Горячко А.Н.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

## Оценка выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией по данным кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови в неонатальном периоде

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках программ Министерства здравоохранения Республики Беларусь, проводимых 1-й кафедрой детских болезней учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований Национальной академии наук Беларуси, № госрегистрации: 20171040. Дата регистрации: 18.04.2017.

Подана: 27.08.2025

Принята: 26.01.2026

Контакты: goryachko1966@mail.ru

### Резюме

**Введение.** Отраслевые стандарты здравоохранения Республики Беларусь в последнее десятилетие сосредоточены на повышении качества жизни и снижении инвалидности детского населения. Недоношенность является значимой экономической и социальной проблемой современного общества. Прогнозирование и контроль воспалительного процесса у ребенка являются важными направлениями в современной педиатрии.

**Цель.** Разработать математическую модель с компьютерной программой сопровождения для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией по данным кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови в неонатальном периоде.

**Материалы и методы.** Проведено сравнение 19 данных биохимического анализа крови и 21 показателя кислотно-основного состояния у 221 недоношенного новорожденного при рождении, в раннем и позднем неонатальном периоде.

**Результаты.** По результатам исследования недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией и различной массой тела при рождении с новорожденными группы сравнения определены прогностические значения воспалительного процесса: низкие значения общего белка ( $F=0,24$ ,  $p<0,001$ ,  $ОШ=28,49$  (24,05–33,74)) и альбумина ( $F=0,05$ ,  $p<0,001$ ,  $ОШ=14,18$  (12,76–15,75)) на фоне высокого С-реактивного белка ( $F=0,15$ ,  $p<0,001$ ,  $ОШ=13,16$  (11,43–15,14)) и лактата ( $\chi^2=34,11$ ,  $p<0,001$ ,  $ОШ=6,72$  (5,44–8,31)). По результатам ROC-анализа разработана математическая модель ( $z$ ):  $z = -1 + 3,31ОБ - 0,58Алб + 1,79СРБ + 1,80Лак$  и компьютерная программа сопровождения (<http://pneu.bsmu.by>) с универсальным коэффициентом  $\chi^2=67,47$ ,  $p<0,001$ , чувствительностью – 75,0%, специфичностью – 90,6%,  $AUC=0,90\pm 0,045$ ,  $p<0,001$ .

**Заключение.** По результатам биохимического анализа крови и кислотно-основного состояния компьютерная программа сопровождения позволяет контролировать

выраженность патологического процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первом месяце жизни.

**Ключевые слова:** недоношенные новорожденные, врожденная пневмония, ROC-анализ, кислотно-основное состояние, биохимические показатели

Aliaksandr M. Harachka  
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

## Assessment of the Severity of the Inflammatory Process in Premature Newborns with Congenital Pneumonia According to Acid-Base Status and Biochemical Blood Analysis in the Neonatal Period

**Conflict of interest:** nothing to declare.

**Funding:** the work was carried out within the framework of programs of the Ministry of Health of the Republic of Belarus conducted by the 1st Department of Childhood Diseases of the educational institution "Belarusian State Medical University" with the Belarusian Republican Foundation for Basic Research of the National Academy of Sciences of Belarus, state registration number: 20171040. Registration date: 18.04.2017.

Submitted: 27.08.2025

Accepted: 26.01.2026

Contacts: goryachko1966@mail.ru

### Abstract

**Introduction.** The industry standards of healthcare in the Republic of Belarus in the last decade have focused on improving the quality of life and reducing disability of the child population. Prematurity is a significant economic and social problem in modern society. Prediction and control of the inflammatory process in a child is an important area in modern pediatrics.

**Purpose.** To develop a mathematical model with a computer tracking program to assess the severity of the inflammatory process in premature newborns with congenital pneumonia according to acid-base status and biochemical blood analysis in the neonatal period.

**Materials and methods.** Materials and methods. A comparison of 19 data from a biochemical blood test and 21 indicators of acid-base status in 221 premature newborns at birth, in the early and late neonatal period was carried out.

**Results.** According to the results of a study of premature newborns with congenital pneumonia and different birth weights, prognostic values of the inflammatory process were determined with newborns of the comparison group: low values of total protein ( $F=0.24$ ,  $p<0.001$ ,  $OR=28.49$  (24.05–33.74)) and albumin ( $F=0.05$ ,  $p<0.001$ ,  $OR=14.18$  (12.76–15.75)) against the background of high C-reactive protein ( $F=0.15$ ,  $p<0.001$ ,  $OR=13.16$  (11.43–15.14)) and lactate ( $\chi^2=34.11$ ,  $p<0.001$ ,  $OR=6.72$  (5.44–8.31)). Based on the results of the ROC analysis, a mathematical model ( $z$ )  $z = -1 + 3.31TP - 0.58ALB + 1.79CRP + 1.80cLac$  and a computer support program were developed (<http://pneu.bsmu.by>) with a universal coefficient of  $\chi^2=67.47$ ,  $p<0.001$ , sensitivity – 75.0%, specificity – 90.6%,  $AUC=0.90\pm 0.045$ ,  $p<0.001$ .

**Conclusion.** Conclusion. Based on the results of a biochemical analysis of blood and acid-base status, a computer monitoring program allows monitoring the severity of the pathological process in premature newborns with congenital pneumonia during the first month of life.

**Keywords:** premature newborns, congenital pneumonia, ROC analysis, acid-base condition, biochemical parameters

---

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Создание математических моделей, позволяющих прогнозировать развитие и динамику патологических состояний, отвечает требованиям современных рыночных отношений по управлению собственным здоровьем, которые обладают выраженной профилактической направленностью. Такие современные технологии позволяют облегчить диагностический поиск, сократить временной интервал для выставления точного диагноза и тем самым уменьшить экономические затраты на клинично-диагностические и лечебные мероприятия у обследуемого пациента [1–3]. Формирование на их основе комплексов программ обследования, подходящих конкретному пациенту, поможет выявлять патологические сдвиги на доклинических этапах болезни, принять меры по их своевременному устранению, улучшить качество и продолжительность жизни. С точки зрения экономических затрат такой подход оправдан и позволяет сохранить от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч долларов ежегодно на каждом обследуемом [4].

## ■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать математическую модель с компьютерной программой сопровождения для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией (ВП) по данным кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови в неонатальном периоде.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено обследование 221 новорожденного, находившегося в педиатрическом отделении для новорожденных, в отделении анестезиологии и реанимации (с палатами для новорожденных детей), педиатрическом отделении для недоношенных новорожденных ГУ «РНПЦ «Мать и дитя».

Все новорожденные были разделены на три группы.

В группу сравнения вошли 53 условно здоровых недоношенных с низкой массой тела при рождении и синдромом дыхательных расстройств, родившихся в сроке гестации 35,0 (35,0–36,0) недели, массой тела 2300,0 (2140,0–2400,0) г, длиной тела 45,0 (45,0–47,0) см, окружностью головы 32,0 (31,0–33,0) см и окружностью груди 30,0 (29,0–32,0) см.

Первую исследуемую группу составили 55 младенцев с ВП, низкой массой тела при рождении и синдромом дыхательных расстройств, родившихся в сроке гестации 35,0 (33,0–36,0) недели, массой тела 2080,0 (1870,0–2420,0) г, длиной тела 45,0 (42,0–46,0) см, окружностью головы 31,0 (31,0–33,0) см и груди 30,0 (28,0–31,0) см.

Во второй исследуемой группе наблюдались 113 недоношенных новорожденных с очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении, синдромом дыхательных расстройств и ВП, родившихся в сроке гестации 28,0 (27,0–30,0) недели, массой тела 990,0 (880,0–1350,0) г, длиной тела 36,0 (34,0–39,0) см, окружностью головы 26,0 (25,0–28,0) см и окружностью груди 23,0 (22,0–25,0) см.

Критериями постановки диагноза ВП являлись: клинические и лабораторные данные, наличие инфильтративных теней на рентгенограмме легких в первые 72 часа жизни. Критериями исключения являлись: наличие хромосомной патологии и генетических заболеваний, антенатально выявленные пороки развития, рождение в результате применения вспомогательных репродуктивных технологий.

Биохимические показатели крови определялись на автоматическом анализаторе Thermo Scientific Konelab 30i (Финляндия). Проводилась оценка общего белка (TP), альбумина (ALB), общего билирубина (TBIL), мочевины (UREA), креатинина (CRE), аланинаминотрансферазы (ALT), аспартатаминотрансферазы (AST), щелочной фосфатазы (ALP), С-реактивного белка (CRP) и глюкозы (GLU).

Исследование кислотно-основного состояния проводилось с использованием газового анализатора крови ABL800 FLEX (Дания). В капиллярной крови определялись: pH – отрицательный логарифм концентрации водородных ионов; pCO<sub>2</sub> – парциальное напряжение двуокси углерода; pO<sub>2</sub> – парциальное напряжение кислорода; cLac – лактат, ABE – актуальный избыток оснований.

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью пакета программ Statistica 10 и Microsoft Excel. Нормальность распределения количественных признаков оценивалась тестами Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса. Рассчитывали медиану (Me), интерквартильный размах (25%–75%) и интервал процентильного размаха (P) (5%–95%) критерия Манна – Уитни (U). При сравнении показателя в нескольких независимых группах использовался непараметрический критерий Краскела – Уоллиса (H) и критерий z для множественности сравнения. Для определения статистически значимых различий качественных величин использовался метод хи-квадрат Пирсона ( $\chi^2$ ), уточняющий критерий с поправкой Йетса ( $\chi^2_{\text{Й}}$ ) или точный критерий Фишера (F), уточняющий критерий – Фишер двусторонний (Fдв). При статистически значимых различиях проводился расчет отношения шансов (ОШ) с доверительным интервалом ( $\pm 95\%$  ДИ). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$  [5].

Построение ROC-кривой осуществлялось с помощью уравнения логистической регрессии. По их данным компьютерной программой рассчитывались таблицы с переменными по Вальду, позволяющие построить математическую модель (z). Выбор модели осуществлялся на основании чувствительности, специфичности, оценки площади под ROC-кривой (AUC) с доверительным интервалом ( $\pm 95\%$  ДИ), учетом расчетных параметров удвоенного логарифма функции правдоподобия (-2LL) и меры определенности ( $R^2$  Нэйджелкера) [6].

С целью практического использования и вычисления вероятности (p) на основании ROC-анализа и полученных математических моделей использовалась формула  $p = e^z / (1 + e^z)$  для компьютера и программ сопровождения с возможностью дистанционного подключения [7, 8].

Карты обследования новорожденных детей и информированное согласие родителей для участия в исследовании были утверждены на заседании комиссии по медицинской этике ГУ «РНПЦ «Мать и дитя».

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведен сравнительный анализ показателей кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови между младенцами исследуемых групп в неонатальном периоде (табл. 1, 2).

По данным табл. 1 и 2 в гематологических показателях у недоношенных новорожденных обеих исследуемых групп по сравнению с детьми группы сравнения на 1–2-е, 5–7-е и 19–21-е сутки жизни наблюдались более низкие значения TP ( $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ), ALB ( $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ) на фоне высокого CRP ( $p<0,001$ ,  $p=0,001$ ,

**Таблица 1**

**Показатели кислотно-основного состояния у недоношенных новорожденных в раннем неонатальном периоде, Ме (25%–75%), (5%–95%)**

**Table 1**

**Indicators of acid-base state in premature newborns in the early neonatal period, Me (25%–75%), (5%–95%)**

Показатель	1-я группа, n=55	2-я группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий
1	2	3	4	5
<b>1–2-е сутки жизни</b>				
pH	7,36 (7,31–7,41) (7,22–7,49)	7,38 (7,34–7,45) (7,19–7,54)	7,35 (7,33–7,38) (7,30–7,41)	H=10,2, $p=0,006$ ; $Z_{3-4}=3,0$ , $p=0,009$
pCO <sub>2</sub> , mmHg	37,7 (30,5–45,5) (22,4–57,3)	31,9 (28,1–40,1) (21,9–51,8)	37,6 (34,1–41,6) (27,3–46,2)	H=12,7, $p=0,002$ ; $Z_{2-3}=2,6$ , $p=0,025$
pO <sub>2</sub> , mmHg	55,6 (49,3–74,5) (41,9–156,0)	70,0 (54,9–91,9) (24,5–134,0)	59,4 (53,2–67,3) (45,7–84,3)	–
cLac, mmol/l	2,5 (2,0–3,7) (1,7–5,7)	2,8 (2,1–4,2) (1,2–5,7)	1,8 (1,5–2,6) (0,9–4,1)	H=19,6, $p<0,001$ ; $Z_{2-4}=3,2$ , $p=0,004$ ; $Z_{3-4}=4,4$ , $p<0,001$
ABE, mmol/l	–2,4 (–4,4 – –0,1) (–7,9 – 3,7)	–3,4 (–5,7 – –1,6) (–9,1 – 0,4)	–1,9 (–3,3 – –1,9) (–5,4 – 0,6)	H=9,4, $p=0,009$ ; $Z_{3-4}=2,8$ , $p=0,017$
<b>5–7-е сутки жизни</b>				
pH	7,34 (7,32–7,38) (7,30–7,46)	7,37 (7,34–7,41) (7,29–7,49)	7,36 (7,33–7,39) (7,31–7,41)	H=55,0, $p<0,001$ ; $Z_{2-3}=2,7$ , $p=0,022$
pCO <sub>2</sub> , mmHg	35,7 (31,1–39,3) (23,9–48,0)	31,5 (27,5–35,1) (18,4–43,5)	29,8 (23,8–33,3) (19,7–37,6)	H=18,2, $p<0,001$ ; $Z_{2-3}=3,3$ , $p=0,003$ ; $Z_{2-4}=4,2$ , $p<0,001$
pO <sub>2</sub> , mmHg	59,3 (51,9–65,3) (44,8–72,4)	95,1 (69,9–125,0) (46,9–154,0)	73,5 (66,3–78,3) (51,0–85,1)	H=40,6, $p<0,001$ ; $Z_{2-3}=5,4$ , $p<0,001$
cLac, mmol/l	1,6 (1,3–1,9) (0,9–2,3)	1,3 (1,1–1,9) (0,8–3,5)	1,3 (1,0–1,5) (0,8–2,0)	–
ABE, mmol/l	–2,6 (–6,5 – –0,8) (–9,5–1,5)	–6,5 (–7,7 – –4,8) (–9,7 – –1,7)	–0,5 (–1,1–0,35) (–2,4–0,6)	H=55,0, $p<0,001$ ; $Z_{2-3}=3,4$ , $p=0,002$ ; $Z_{2-4}=2,8$ , $p=0,015$ ; $Z_{3-4}=7,1$ , $p<0,001$



**Таблица 2**  
**Показатели биохимического анализа крови у недоношенных новорожденных в неонатальном периоде, Ме (25%–75%), (5%–95%)**  
**Table 2**  
**Indicators of biochemical blood analysis in premature newborns in the neonatal period, Me (25%–75%), (5%–95%)**

Показатель	1-я группа, n=55	2-я группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий
1	2	3	4	5
<b>1–2-е сутки жизни</b>				
TP, g/l	47,0 (40,0–52,0) (33,0–59,0)	36,0 (33,0–41,0) (29,0–51,0)	49,0 (45,0–52,5) (40,0–59,0)	H=81,6, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =6,2, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =8,2, p<0,001
ALB, g/l	32,0 (28,0–34,0) (25,0–38,0)	27,2 (26,0–32,0) (22,0–36,0)	32,0 (30,0–35,0) (25,4–39,0)	H=26,1, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,5, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =4,5, p=0,002
TBIL, μmol/l	39,0 (35,0–45,0) (28,0–57,0)	36,4 (31,0–46,7) (21,7–125,7)	36,0 (32,0–38,7) (25,0–47,0)	H=6,5, p=0,039; Z <sub>2-4</sub> =2,5, p=0,034
UREA, mmol/l	4,2 (3,2–5,0) (2,1–6,5)	3,8 (2,7–5,4) (1,6–9,4)	3,4 (2,8–4,3) (2,0–5,4)	–
CRE, mmol/l	70,0 (53,0–82,0) (30,0–153,0)	60,0 (46,0–77,0) (29,0–110,0)	58,0 (42,0–75,0) (25,0–103,0)	–
ALT, U/L	9,0 (7,0–15,0) (5,0–38,3)	7,0 (5,0–9,0) (3,0–26,0)	10,0 (7,0–16,0) (2,0–21,0)	H=21,0, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,9, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =3,6, p=0,001
AST, U/L	46,5 (35,0–59,0) (25,0–102,0)	38,0 (27,0–50,5) (16,0–94,0)	43,0 (28,0–56,0) (18,0–73,0)	H=7,9, p=0,019; Z <sub>2-3</sub> =2,8, p=0,015
ALP, U/L	193,5 (161,0–228,0) (118,5–322,0)	178,5 (138,0–220,0) (96,0–350,0)	203,0 (160,0–216,0) (106,0–265,0)	–
CRP, mg/l	1,1 (0,2–3,1) (0,0–10,0)	5,6 (1,8–10,0) (0,2–14,6)	2,6 (1,0–4,2) (0,5–6,1)	H=26,2, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =4,9, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =3,0, p=0,008
GLU, mmol/l	2,9 (2,1–3,4) (1,1–5,0)	3,4 (2,3–4,7) (0,8–6,9)	3,3 (3,0–3,8) (2,4–4,8)	H=8,1, p=0,018; Z <sub>2-3</sub> =2,7, p=0,022
<b>5–7-е сутки жизни</b>				
TP, g/l	49,0 (46,0–54,0) (41,0–58,0)	41,5 (36,0–46,5) (30,0–55,0)	48,0 (46,0–53,0) (41,0–64,0)	H=48,4, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =5,7, p<0,001; Z <sub>2-4</sub> =5,5, p<0,001
ALB, g/l	32,5 (31,0–34,5) (26,0–39,0)	29,0 (26,0–33,0) (21,0–40,0)	32,0 (30,0–36,0) (26,0–38,0)	H=13,4, p=0,001; Z <sub>2-3</sub> =2,9, p=0,011; Z <sub>3-4</sub> =2,9, p=0,013
TBIL, μmol/l	144,0 (117,0–164,0) (90,0–214,0)	120,7 (95,1–157,4) (42,9–187,4)	142,5 (108,0–168,0) (67,0–214,0)	H=9,1, p=0,011; Z <sub>2-3</sub> =2,6, p=0,027
UREA, mmol/l	2,8 (1,6–4,3) (1,1–8,9)	5,1 (3,0–7,6) (1,3–12,7)	2,2 (1,8–3,0) (1,1–4,7)	H=41,5, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =4,6, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =5,7, p<0,001

Оценка выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией по данным кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови в неонатальном периоде

Окончание таблицы 2

CRE, mmol/l	47,0 (27,0–73,0) (15,0–82,0)	69,5 (44,0–93,0) (24,0–131,0)	38,5 (28,0–50,0) (18,0–65,0)	H=31,4, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,6, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =5,2, p<0,001
ALT, U/L	12,0 (8,0–17,0) (4,0–26,0)	7,0 (5,0–11,0) (2,9–23,0)	14,0 (12,0–18,0) (8,0–27,0)	H=43,1, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =4,1, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =6,0, p<0,001
AST, U/L	28,0 (20,0–45,0) (13,0–74,0)	20,0 (16,0–29,0) (10,0–52,0)	38,0 (28,0–42,0) (21,1–55,0)	H=32,4, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,0, p=0,008; Z <sub>3-4</sub> =5,5, p<0,001
ALP, U/L	211,0 (165,0–249,0) (116,0–303,0)	186,0 (149,0–239,0) (92,0–353,0)	219,0 (166,0–250,0) (125,0–316,0)	–
CRP, mg/l	2,0 (1,1–5,2) (0,2–41,7)	5,0 (2,3–9,9) (0,2–21,6)	2,6 (1,4–4,2) (0,3–5,3)	H=13,8, p=0,001; Z <sub>2-3</sub> =2,5, p=0,033; Z <sub>3-4</sub> =3,3, p=0,003
GLU, mmol/l	4,0 (3,1–4,7) (2,1–5,2)	4,0 (3,0–5,4) (1,7–7,9)	3,7 (3,5–4,1) (2,9–6,5)	–
<b>19–21-е сутки жизни</b>				
TP, g/l	48,0 (45,0–50,0) (40,0–58,0)	43,0 (39,0–49,0) (35,0–56,0)	50,0 (47,0–52,0) (44,0–58,0)	H=31,8, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,4, p=0,002; Z <sub>3-4</sub> =5,3, p<0,001
ALB, g/l	30,0 (29,0–34,0) (27,0–38,0)	32,0 (26,0–35,0) (20,0–40,1)	33,0 (30,0–36,0) (26,0–37,0)	–
TBIL, μmol/l	103,0 (80,0–122,0) (35,0–169,0)	37,8 (23,0–78,5) (9,7–128,0)	103,0 (83,0–118,0) (29,0–154,0)	H=68,2, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =6,6, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =6,8, p<0,001
UREA, mmol/l	2,6 (1,9–3,9) (1,4–5,2)	2,7 (1,9–4,5) (1,1–10,0)	2,2 (1,9–2,6) (1,5–3,8)	H=7,3, p=0,026; Z <sub>3-4</sub> =2,7, p=0,021
CRE, mmol/l	36,5 (29,5–43,0) (17,0–71,0)	53,0 (36,0–69,0) (25,0–112,0)	32,0 (29,0–38,0) (16,0–49,0)	H=32,8, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,5, p=0,001; Z <sub>3-4</sub> =5,3, p<0,001
ALT, U/L	16,5 (11,5–20,0) (8,0–30,0)	9,0 (6,0–13,0) (3,5–32,5)	14,0 (10,0–19,0) (9,0–30,0)	H=33,3, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =5,0, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =4,1, p<0,001
AST, U/L	33,0 (26,0–39,0) (17,0–60,0)	21,5 (17,0–28,0) (13,0–59,0)	28,0 (22,0–36,0) (16,0–42,0)	H=23,6, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,0, p<0,001; Z <sub>3-4</sub> =4,5, p=0,007
ALP, U/L	256,0 (189,0–291,5) (158,0–341,0)	265,0 (215,0–347,0) (139,0–553,0)	235,0 (196,0–284,0) (120,0–343,0)	–
CRP, mg/l	2,6 (0,6–6,2) (0,1–23,5)	3,7 (1,6–10,0) (0,7–31,2)	1,1 (0,4–1,7) (0,2–3,0)	H=30,9, p<0,001; Z <sub>2-4</sub> =2,9, p=0,013; Z <sub>3-4</sub> =5,5, p<0,001
GLU, mmol/l	3,7 (3,1–4,3) (2,3–6,6)	4,4 (3,8–5,9) (2,3–8,5)	3,6 (3,2–3,9) (2,5–4,2)	H=21,3, p<0,001; Z <sub>2-3</sub> =3,1, p=0,007; Z <sub>3-4</sub> =4,2, p<0,001

$p < 0,001$ ), что связано с инфекционно-токсическим воздействием на функции легких, печени, почек, нарушением питания и газообмена. Низкие значения общего белка и альбумина расцениваются как один из критериев тяжести ВП и функционирования систем по поддержанию адекватного белкового обмена [9, 10].

Прогностическая ценность каждого из факторов и их совокупности оценивалась с помощью бинарного логистического анализа для получения формулы с максимальными результатами по чувствительности и специфичности. С учетом ROC-анализа выбраны следующие показатели с данными, выходящими за границы процентильного размаха у младенцев группы сравнения: гипопроотеинемия ( $< 40$  г/л), гипоальбуминемия ( $< 25$  г/л), высокий уровень С-реактивного белка ( $> 6$  мг/л или выше нормативных значений) и лактата ( $> 2,2$  ммоль/л) (табл. 3).

**Таблица 3**  
**Значимость показателей кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией в неонатальном периоде, % (абс.)**  
**Table 3**

**Significance of indicators of acid-base state and biochemical blood analysis in premature newborns with congenital pneumonia in the neonatal period, % (abs.)**

Показатель	1-я группа, n=55	2-я группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Значимость различий	ОШ ( $\pm 95$ ДИ)
1	2	3	4	5	6
Общий белок ( $< 40$ г/л)	63,1 (106)		5,7 (3)	$F=0,24$ , $p < 0,001$	ОШ=28,49 (24,05–33,74)
	27,3 (15)	80,5 (91)	5,7 (3)	$\chi^2_{\text{И}2-3}=42,8$ , $p < 0,001$ ; $F\text{дв}_{2-4}=0,08$ , $p=0,004$ ; $F\text{дв}_{3-4}=0,50$ , $p < 0,001$	ОШ $_{2-3}=11,03$ (7,81–15,56); ОШ $_{2-4}=6,25$ (4,58–8,52); ОШ $_{3-4}=68,94$ (48,55–97,80)
Альбумин ( $< 25$ г/л)	21,4 (36)		1,9 (1)	$F=0,05$ , $p < 0,001$	ОШ=14,18 (12,76–15,75)
	5,5 (3)	29,2 (33)	1,9 (1)	$F\text{дв}_{2-3}=0,07$ , $p < 0,001$ ; $F\text{дв}_{2-4}=0,01$ , $p=0,618$ ; $F\text{дв}_{3-4}=0,10$ , $p < 0,001$	ОШ $_{2-3}=7,15$ (6,04–8,47); ОШ $_{2-4}=3,00$ (1,65–5,45); ОШ $_{3-4}=21,45$ (18,47–24,90)
С-реактивный белок ( $> 6$ мг/л или выше нормативных значений)	51,8 (87)		7,5 (4)	$F=0,15$ , $p < 0,001$	ОШ=13,16 (11,43–15,14)
	25,5 (14)	64,6 (73)	7,5 (4)	$\chi^2_{\text{И}2-3}=21,17$ , $p < 0,001$ ; $F\text{дв}_{2-4}=0,06$ , $p=0,019$ ; $F\text{дв}_{3-4}=0,28$ , $p < 0,001$	ОШ $_{2-3}=5,34$ (4,21–6,79); ОШ $_{2-4}=4,18$ (2,99–5,84); ОШ $_{3-4}=22,36$ (17,65–28,29)
Лактат ( $> 2,2$ ммоль/л)	74,4 (125)		30,2 (16)	$\chi^2=34,11$ , $p < 0,001$	ОШ=6,72 (5,44–8,31)
	69,1 (38)	77,0 (87)	30,2 (16)	$\chi^2_{\text{И}2-3}=0,83$ , $p=0,361$ ; $\chi^2_{\text{И}2-4}=14,82$ , $p < 0,001$ ; $\chi^2_{\text{И}3-4}=31,60$ , $p < 0,001$	ОШ $_{2-3}=1,50$ (1,14–1,96); ОШ $_{2-4}=5,17$ (3,36–7,94); ОШ $_{3-4}=7,74$ (5,70–10,51)

Согласно данным, у недоношенных новорожденных с ВП и различной массой тела при рождении и новорожденных группы сравнения наблюдались значимо низкие уровни общего белка ( $F=0,24$ ,  $p<0,001$ , ОШ=28,49 (24,05–33,74)) и альбумина ( $F=0,05$ ,  $p<0,001$ , ОШ=14,18 (12,76–15,75)) на фоне высоких значений С-реактивного белка ( $F=0,15$ ,  $p<0,001$ , ОШ=13,16 (11,43–15,14)) и лактата ( $\chi^2=34,11$ ,  $p<0,001$ , ОШ=6,72 (5,44–8,31)) [11].

Результатом обработки бинарных показателей биохимического анализа крови и кислотно-основного состояния с помощью логистической регрессии и ROC-анализа выведена математическая модель с универсальным критерием коэффициента  $\chi^2=67,47$ ,  $p<0,001$ . Высокие значения отрицательного удвоенного логарифма функции правдоподобия  $-2LL=93,251$  и меры определенности  $R^2=0,532$  подтверждают высокую статистическую значимость переменных модели по Вальду (табл. 4).

По результатам ROC-анализа данных кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови разработана математическая модель контроля выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с различной массой тела при врожденной пневмонии в неонатальном периоде:

$$p = e^z / (1 + e^z),$$

$$z = -1 + 3,31\text{ОБ} - 0,58\text{Алб} + 1,79\text{СРБ} + 1,80\text{Лак},$$

где  $p$  – вероятность выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с ВП;

ОБ – общий белок (<40 г/л) (0 – нет, 1 – есть);

Алб – альбумин (<25 г/л) (0 – нет, 1 – есть);

СРБ – С-реактивный белок (>6 мг/л или выше нормативных значений) (0 – нет, 1 – есть);

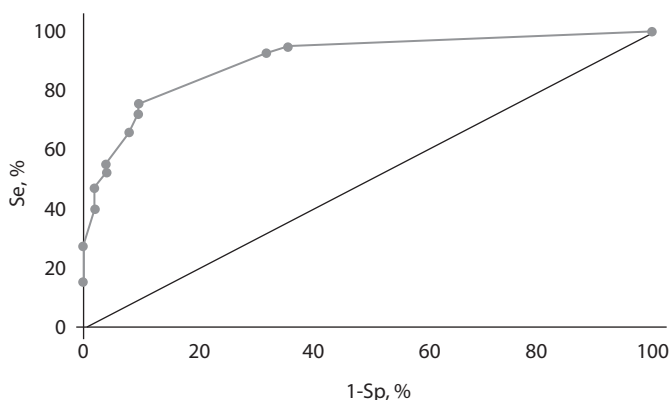
Лак – лактат (>2,2 ммоль/л) (0 – нет, 1 – есть).

С помощью ROC-анализа определены прогностические характеристики математической модели с площадью под ROC-кривой  $AUC=0,90\pm 0,045$  (95% ДИ 0,86–0,94),  $p<0,001$ , чувствительностью – 75,0% и специфичностью – 90,6%.

В случае если величина показателя  $p$  равна либо больше установленного порогового значения ( $\geq 0,849$ ), выраженность воспалительного процесса высокая (<http://pneu.bsnu.by>) (см. рисунок).

**Таблица 4**  
**Переменные в уравнении математической модели по Вальду**  
**Table 4**  
**Variables in the Wald mathematical model equation**

Переменные	B	S. E.	Wald	df	Sig	EXP (B)	95 % CI for EXP (B)	
							Lower	Upper
Общий белок	3,313	0,914	13,142	1	0,000	27,47	4,581	164,710
Альбумин	-0,579	1,267	0,209	1	0,647	0,560	0,047	6,708
С-реактивный белок	1,786	0,700	6,509	1	0,011	5,966	1,513	23,532
Лактат	1,797	0,538	11,149	1	,001	6,033	2,101	17,327
Константа	-0,998	0,434	5,298	1	0,021	0,369		



**ROC-кривая модели оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первом месяце жизни**  
**ROC-curve of the model for assessing the severity of the inflammatory process in premature newborns with congenital pneumonia in the first month of life**

## ■ ВЫВОДЫ

1. По результатам показателей кислотно-основного состояния и биохимического анализа крови разработана математическая модель и компьютерная программа сопровождения, позволяющая контролировать выраженность патологического процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией в неонатальном периоде. Установлены числовые значения общего белка, альбумина, С-реактивного белка и лактата, свидетельствующие об активности заболевания.
2. С помощью программы сопровождения рассчитаны значения показателей в цифровом эквиваленте при наличии только одного из признаков: гипопроотеинемии – 0,910, гипоальбуминемии – 0,171, С-реактивного белка – 0,688, лактата – 0,690.

## ■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Cornetta K., Brown C.G. Balancing personalized medicine and personalized care. *Acad. Med.* 2013;88 (3):309–313. DOI: 10.1097/ACM.0b013e3182806345
2. Munshi M.N., Florez H., Huang E.S. Management of Diabetes in Long-term Care and Skilled Nursing Facilities: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care.* 2016;39(2):308–318. DOI: 10.2337/dc15-2512
3. Uhlen M., Fagerberg L., Hallström B.M. Proteomics. Tissue-based map of the human proteome. *Science.* 2015;347(6220):1260419. DOI: 10.1126/science.1260419
4. Brother K., Rothstein M. Ethical, legal and social implications of incorporating personalized medicine into healthcare. *Per. Med.* 2015;12(1):43–51. DOI: 10.2217/pme.14.65
5. Rebrova O.Y. *Statistical analysis of medical data. Using the Statistica application package.* M.: MediaSfera, 2002. p. 312. (In Russian)
6. Petri A., Sabin K. *Visual medical statistics. 3rd ed., revised. and additional.* M.: GEOTAR-Media, 2015. p. 216. (In Russian)
7. Panina Y.S., Narkevich A.N., Dmitrenko D.V. Prediction of the course of mesial temporal lobe epilepsy using logistic regression methods and classification trees. *Doctor.Ru.* 2022;21(4):30–35. DOI: 10.31550/1727-2378-2022-21-4-30-35 (In Russian)
8. Serobabov A.S., Chebanenko E.V., Denisova L.A., et al. Development of an expert system for early diagnosis of diseases: software for primary processing and identification of dependencies. *Omsk Scientific Bulletin.* 2018;160(4):179–184. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-160-179-184 (In Russian)
9. Congenital pneumonia. Clinical Guidelines of the Russian Federation 2025. Medical platform. "MedElement". 2025. Available at: <https://diseases.medelement.com/disease/врожденная-пневмония-кр-рф-2025/18607> (accessed 08 July 2025).
10. Rooz R. *Practical recommendations: trans. with him.* M.: Medical literature, 2011. p. 592. (In Russian)
11. Goryachko A.N., Sukalo A.V., Pivchenko T.P. The significance of indicators of acid-base status and biochemical blood analysis in premature newborns with different body weights and congenital pneumonia in the neonatal period. *Pediatrics. Eastern Europe.* 2022;10(1):96–109. DOI: 10.34883/PI.2022.10.1.015 (In Russian)