



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2026. Т. 26, вып. 2. С. 158–164

*Izvestiya of Saratov University. Physics*, 2026, vol. 26, iss. 2, pp. 158–164

<https://fizika.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1817-3020-2026-26-2-158-164>, EDN: OBUSIC

Научная статья

УДК 618.3-06,618.4-72



## Ультразвуковая диагностика гипоксии плода

И. А. Салов<sup>1</sup>, Ан. В. Скрипаль<sup>2✉</sup>, М. В. Ломовицкая<sup>1</sup>, Е. Ю. Жильнио<sup>1</sup>, К. В. Машков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского Министерства здравоохранения Российской Федерации, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Салов Игорь Аркадьевич, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии, [salov.i.a@mail.ru](mailto:salov.i.a@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7285-5639>, AuthorID: 428263

Скрипаль Анатолий Владимирович, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой медицинской физики, [skripalav@info.sgu.ru](mailto:skripalav@info.sgu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9080-0057>, AuthorID: 33340

Ломовицкая Марина Владимировна, ассистент кафедры акушерства и гинекологии, [mkletcova@mail.ru](mailto:mkletcova@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-4036-6162>

Жильнио Екатерина Юрьевна, ассистент кафедры акушерства и гинекологии, [zhilnio1@ya.ru](mailto:zhilnio1@ya.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3474-2948>, AuthorID: 1341213

Машков Константин Владимирович, аспирант кафедры медицинской физики, [konstantinpluss@yandex.ru](mailto:konstantinpluss@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5835-9428>, AuthorID: 1214916

**Аннотация.** Целью данного исследования явилась разработка и клиническая апробация неинвазивного метода диагностики гипоксии плода на основе анализа ультразвуковых изображений амниотической жидкости. В исследование были включены 30 беременных женщин, у которых во время родов проводился сбор околоплодных вод. С помощью ультразвукового сканера осуществлялась визуализация области, содержащей амниотическую жидкость, с последующим цифровым анализом интенсивности отражённого сигнала. Полученные изображения обрабатывались в 8-битной шкале серого для расчёта среднего значения интенсивности пикселей в зоне интереса. Установлена достоверная корреляция между степенью отражения ультразвуковой волны и содержанием мекония, что позволило дифференцировать степень тяжести гипоксии плода: значения интенсивности до 50 соответствовали норме, 50–80 – гипоксии средней степени, свыше 80 – выраженной гипоксии. Результаты подтверждены данными спектрофотометрического анализа амниотических вод *in vitro* и сопоставлены с клиническими проявлениями. Предложенный метод является безопасным, доступным, неинвазивным и перспективным для внедрения в практику антенатального наблюдения, в том числе в амбулаторных условиях.

**Ключевые слова:** гипоксия плода, амниотическая жидкость, ультразвуковая диагностика, меконий, антенатальное наблюдение, беременность

**Для цитирования:** Салов И. А., Скрипаль Ан. В., Ломовицкая М. В., Жильнио Е. Ю., Машков К. В. Ультразвуковая диагностика гипоксии плода // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2026. Т. 26, вып. 2. С. 158–164. <https://doi.org/10.18500/1817-3020-2026-26-2-158-164>, EDN: OBUSIC

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Ultrasonographic evaluation of fetal hypoxia

I. A. Salov<sup>1</sup>, An. V. Skripal<sup>2✉</sup>, M. V. Lomovitskaia<sup>1</sup>, E. Yu. Zhilnio<sup>1</sup>, K. V. Mashkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>V. I. Razumovsky Saratov State Medical University, 112 Bolshaya Kazachya St., Saratov 410012, Russia

<sup>2</sup>Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Igor A. Salov, [salov.i.a@mail.ru](mailto:salov.i.a@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7285-5639>, AuthorID: 428263

Anatoly V. Skripal, [skripalav@info.sgu.ru](mailto:skripalav@info.sgu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9080-0057>, AuthorID: 33340

Marina V. Lomovitskaya, [mkletcova@mail.ru](mailto:mkletcova@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-4036-6162>

Ekaterina Yu. Zhilnio, [zhilnio1@ya.ru](mailto:zhilnio1@ya.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3474-2948>, AuthorID: 1341213

Konstantin V. Mashkov, [konstantinpluss@yandex.ru](mailto:konstantinpluss@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5835-9428>, AuthorID: 1214916

**Abstract. Background and Objectives:** Fetal hypoxia is a common and dangerous complication of pregnancy, associated with central nervous system damage, multi-organ dysfunction, and perinatal mortality. The release of meconium into amniotic fluid serves as a marker of intrauterine hypoxia and a risk factor for meconium aspiration syndrome. Existing diagnostic methods, such as amniocentesis and amnioscopy, are invasive and not suitable for routine practice. Therefore, the objective of this study was to develop and validate a noninvasive ultrasound-based method for early diagnosis of fetal hypoxia through the assessment of amniotic fluid characteristics. **Materials and Methods:** The study included 30 pregnant



women who delivered at the Yury Ya. Gordeev First City Clinical Hospital. All participants provided informed consent; the protocol was approved by the local ethics committee. Ultrasound scans of the amniotic fluid were obtained using the Accuvix XG (Samsung Medison) system. Images were processed with custom software developed in Python (certificate of state registration No. 2024614541). The algorithm calculated the mean pixel intensity in the selected amniotic fluid area, with values ranging from 0 (black, maximum ultrasound transmission) to 255 (white, maximum reflection). Calibration curves were built from *in vitro* spectral analysis of amniotic fluid with varying meconium content. Diagnostic thresholds were established: intensity <50 indicated absence of hypoxia, 50–80 corresponded to moderate hypoxia, and >80 to severe hypoxia. **Results:** The method has demonstrated a strong correlation between the ultrasound pixel intensity, amniotic fluid echogenicity, and meconium concentration. It has allowed a reliable differentiation between normal, moderate, and severe hypoxia. Unlike invasive techniques, this approach is simple, repeatable, and safe, suitable for both inpatient and outpatient antenatal monitoring. **Conclusion:** A noninvasive ultrasound method for assessing fetal hypoxia has been developed and clinically tested. It provides objective criteria for detecting meconium in amniotic fluid and grading hypoxia severity. The technique is safe, accessible, and has potential for broad clinical use, supporting timely interventions to improve perinatal outcomes. Further validation in larger cohorts is needed.

**Keywords:** fetal hypoxia, amniotic fluid, ultrasound diagnostics, meconium, antenatal monitoring, pregnancy

**For citation:** Salov I. A., Skripal An. V., Lomovitskaia M. V., Zhilnio E. Yu., Mashkov K. V. Ultrasonographic evaluation of fetal hypoxia. *Izvestiya of Saratov University. Physics*, 2026, vol. 26, iss. 2, pp. 158–164 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1817-3020-2026-26-2-158-164>, EDN: OBUSIC

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

Гипоксические состояния плода представляют собой одно из осложнений беременности и родов, сопровождающееся высоким риском тяжёлых поражений центральной нервной системы и других жизненно важных органов, что нередко приводит к перинатальным потерям. Нарушение транспорта кислорода к тканям плода может возникать на различных этапах внутриутробного развития, что требует своевременной диагностики и проведения адекватных лечебно-профилактических мероприятий.

Современные исследования показывают, что пренатальная гипоксия, особенно возникающая в критические периоды органогенеза, значительно повышает риск мертворождения, а также ассоциирована с долговременными последствиями для здоровья, включая сердечно-сосудистые и метаболические нарушения в последующей жизни [1–3].

В исследовании [4] показано, что внутриутробная гипоксия негативно влияет на адаптационный потенциал и нейропластичность развивающегося мозга. Это связано с нарушением процессов формирования межклеточных связей и передачи нейронных импульсов, особенно выраженным в коре больших полушарий и гиппокампе. При внутриутробной гипоксии (или других стрессовых состояниях – при инфекции, компрессии пуповины и др.) у плода активируются перистальтика кишечника и расслабляется анальный сфинктер – он выделяет меконий в плодные воды, что имеет крайне негативные последствия [5–7].

Меконий (собирательное понятие) представляет собой первородный кал плода, включающий

слизь, желчные пигменты, эпителиальные клетки и другие компоненты, накапливающиеся в толстой кишке. При его выделении амниотическая жидкость приобретает характерную зелёную или жёлто-бурую окраску. По данным отечественных исследований [8], частота отхождения мекония в амниотическую жидкость варьируется от 4.5 до 20% и в среднем наблюдается примерно в 10% родов при головном предлежании плода, даже при соблюдении оптимальной акушерской тактики. Разброс в показателях объясняется различиями в характеристиках обследуемых популяций беременных и рожениц, а также неоднородностью клинических условий.

В настоящее время для диагностики гипоксии плода путём оценки цвета околоплодных вод используются методы прямой визуализации амниотической жидкости, такие как амниотомия, амниоцентез и амниоскопия, а также анализ биохимического состава околоплодных вод [9]. Однако эти методы являются инвазивными и обладают ограниченной клинической применимостью из-за риска осложнений и необходимости специального оборудования.

С учетом изложенного, была сформулирована цель настоящего исследования: разработка и клиническое обоснование метода ранней диагностики степени тяжести гипоксии плода на основе ультразвуковой оценки характеристик амниотической жидкости на различных сроках гестации.

## Материалы и методы

К медицинским наблюдениям были привлечены 30 беременных женщин, у которых во время



родов собирались околоплодные воды. Все пациентки подписали информированное согласие на участие в исследовании, которое проводилось в соответствии с основными положениями Хельсинкской декларации.

Метод определения гипоксии плода включает получение ультразвукового изображения амниотической жидкости беременной женщины. Исследование проводилось с использованием ультразвукового сканера Accuvix XG (Samsung Medison) в зоне расположения амниотической жидкости.

Полученные изображения обрабатывались специализированной программой на языке Python (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024614541). Программа выполняла усреднение интенсивности пикселей на выделенном участке изображения, соответствующем амниотической жидкости. Интенсивность пикселей представлялась в стандартной 8-битной шкале градации серого, значения которой варьируются от 0 (чёрный пиксель) до 255 (белый пиксель). Нулевому значению интенсивности соответствует максимальное пропускание ультразвуковой волны объектом, тогда как значению 255 – максимальное отражение ультразвука.

Среднее значение интенсивности пикселей на выделенной области сравнивалось с калибровочной зависимостью, построенной на основе спектральных данных амниотической жидкости, полученных *in vitro*. Калибровка проводилась путём определения коэффициента поглощения света в диапазоне длин волн 190–1100 нм и построения зависимости интенсивности отражённой ультразвуковой волны от среднего значения поглощения света с учётом клинических данных о содержании мекония в амниотической жидкости. В качестве эталона использовалась дистиллированная вода, спектр поглощения которой в указанном диапазоне условно был принят за нулевой.

Меконий рассматривается как маркер гипоксии плода и служит прогностическим фактором развития тяжёлого осложнения – синдрома аспирации мекония. Степень содержания мекония в амниотической жидкости классифицируется следующим образом: «прозрачная» и «молочная» жидкости не содержат меконий и не связаны с гипоксией плода; «зелёная» амниотическая жидкость свидетельствует о наличии мекония и соответствует гипоксии средней степени тяжести;

«тёмно-зелёная» жидкость содержит высокое количество мекония и ассоциируется с тяжёлой степенью гипоксии плода.

### Результаты исследования

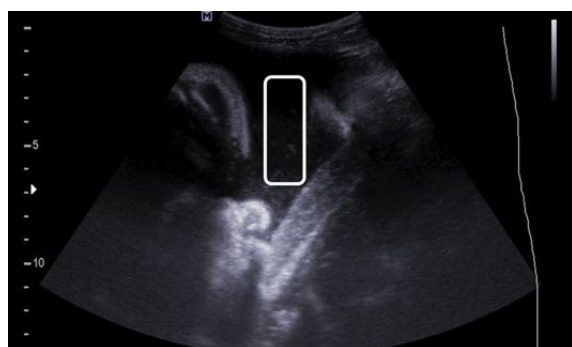
На рис. 1 представлены ультразвуковые изображения плодного яйца у трёх пациенток (А, Б и В). Анализ изображений проводился с применением количественной оценки эхогенности, основанной на измерении средней интенсивности сигнала в пределах заданной области интереса.

У пациентки А среднее значение интенсивности в исследуемой зоне составило 12 условных единиц по шкале серого, что свидетельствует о низком уровне эхогенности структуры. В случае пациентки Б аналогичный показатель достигал 67 ед. отражая умеренную эхогенность тканей в пределах анализируемой области. У пациентки В зарегистрировано наибольшее значение – 87 ед., что указывает на повышенную эхогенность.

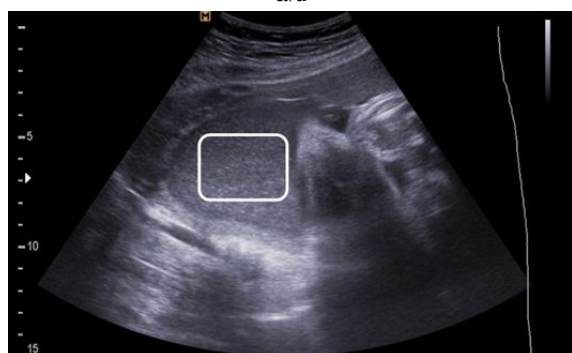
На рис. 2 представлены образцы амниотической жидкости трёх типов, соответствующие данным ультразвуковой визуализации (см. рис. 1). Образцы были получены интранатально (в процессе родов) и подвергнуты сканированию *in vitro*. Выделены три основные категории амниотической жидкости по цветовым и физико-химическим признакам: прозрачная (светлая), зелёная и тёмно-зелёная (желтовато-бурая), отражающие различную степень изменения её состава.

На рис. 2, а – цветное изображение амниотической жидкости пациентки А. В соответствии с клинической классификацией данный образец отнесён к категории «прозрачной» амниотической жидкости. Рис. 2, б иллюстрирует образец амниотической жидкости пациентки Б, характеризующийся зелёным окрашиванием. Согласно клиническим данным, данный тип классифицируется как «зелёный», что может быть ассоциировано с наличием мекония. На рис. 2, в представлено изображение амниотической жидкости пациентки В, относящейся к категории «тёмно-зелёная». Данный тип характеризуется более интенсивной окраской и высокой степенью мутности, что, в соответствии с клиническими наблюдениями, может свидетельствовать о значительном содержании мекония и потенциально более выраженных патологических изменениях внутриутробной среды.

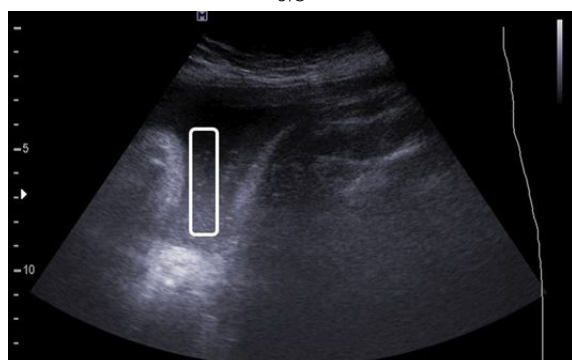
Рис. 3 иллюстрирует спектры поглощения различных типов амниотической жидкости (см. рис. 2). Диапазон длин волн 650–1100 нм



a/a



б/б



в/с

Рис. 1. Ультразвуковые изображения плодного яйца во II триместре беременности с выделенной зоной интереса амниотической жидкости (околоплодных вод): а – нормальные прозрачные (светлые) околоплодные воды (без взвесей) пациентки А; б – светло-зелёные околоплодные воды (эхогенная взвесь) пациентки Б; в – тёмно-зелёные (жёлто-коричневые) околоплодные воды (густая эхогенная взвесь) пациентки В. Зона интереса выделена контурным прямоугольником

Fig. 1. Ultrasound images of the gestational sac in the II trimester of pregnancy with the region of interest of the amniotic fluid highlighted: a – normal clear (anechoic) amniotic fluid (no suspended particles) of patient A; b – light green amniotic fluid (echogenic suspension) of patient B; c – dark green (yellow-brown) amniotic fluid (dense echogenic suspension) of patient C. The area of interest is highlighted by a contoured rectangle



a/a



б/б



в/с

Рис. 2. Образцы амниотической жидкости трёх типов, исследованные *in vitro* в чашках Петри: а – нормальная амниотическая жидкость; б – амниотическая жидкость светло-зелёного оттенка; в – амниотическая жидкость тёмно-зелёного (жёлто-коричневого) цвета (цвет онлайн)

Fig. 2. Amniotic fluid samples of three types examined *in vitro* in Petri dishes: a – normal amniotic fluid of patient A; b – light green amniotic fluid of patient B; c – dark green (yellow-brown) amniotic fluid of patient C (color online)



был выбран в качестве порогового при построении калибровочной кривой, поскольку именно в этом спектральном интервале наблюдалось наибольшее поглощение излучения образцами амниотической жидкости от пациенток с повышенным содержанием мекония.

Представленные данные демонстрируют зависимость между цветовой характеристикой амниотической жидкости и коэффициентом её оптического поглощения. По мере усиления окраски жидкости в более тёмные тона наблюдается статистически значимое увеличение коэффициента поглощения, что обусловлено ростом концентрации мекония в околоплодных водах. Эти результаты подтверждают возможность количественной оценки степени окрашивания жидкости как непрямого маркера гипоксического состояния плода. В таблице данные о типе вод и степени тяжести заболевания сопоставляются со значениями интенсивности УЗИ и коэффициентов поглощения в диапазоне 650–1100 нм.

На основе полученных данных 30 пациенток построена калибровочная линия (рис. 4), основанная на спектральных характеристиках образцов амниотической жидкости, полученных *in vitro*. Калибровочная линия построена по усреднённым значениям коэффициента поглощения света в диапазоне длин волн 650–1100 нм, при этом усреднение проводилось по 900 спектральным точкам.

На рис. 4 точка, отвечающая пациентке А, располагается в области, характерной для прозрачной амниотической жидкости. Точка, соответствующая пациентке Б, находится в зоне зелёной амниотической жидкости. Точка пациентки В принадлежит области, характерной для тёмно-зелёной амниотической жидкости.

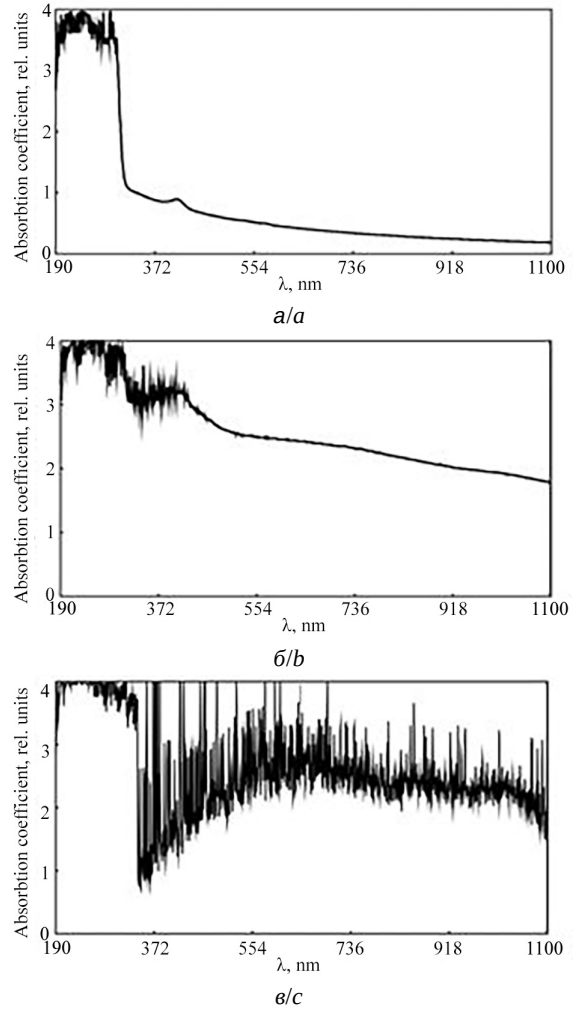


Рис. 3. Спектры поглощения амниотической жидкости: нормальной (а), светло-зелёного оттенка (б); тёмно-зелёного (жёлто-коричневого) оттенка (в)

Fig. 3. Absorption spectra of amniotic fluid samples: a – normal amniotic fluid of patient A; b – light green amniotic fluid of patient B; c – dark green (yellow-brown) amniotic fluid of patient C

**Значения интенсивности УЗИ и коэффициентов поглощения в волновом диапазоне 650–1100 нм, усредненные для группы из 30 пациенток в зависимости от типа вод и степени тяжести заболевания**

**Ultrasound intensity and absorption coefficient values in the wave range of 650–1100 nm, averaged for a group of 30 patients depending on the type of amniotic fluid and the severity of the disease**

Тип вод и степень тяжести заболевания / Type of waters and the severity of the disease	Значения интенсивности УЗИ (8-битная шкала серого) / Ultrasound intensity values, in 8-bit gray scale values	Коэффициент поглощения в диапазоне 650–1100 нм / Absorption coefficient in the range of 650–1100 nm
I – «прозрачная» и «молочная», отсутствие гипоксии плода / I – “transparent” and “milky”, absence of fetal hypoxia	0–50	0.1–1.05
II – «зеленая», средняя степень тяжести гипоксии / II – “green”, moderate severity of hypoxia	50–80	1.05–2.1
III – «темно-зеленая», высокая степень тяжести гипоксии / III – “dark green”, high severity of hypoxia	80–100	2.1–3.5

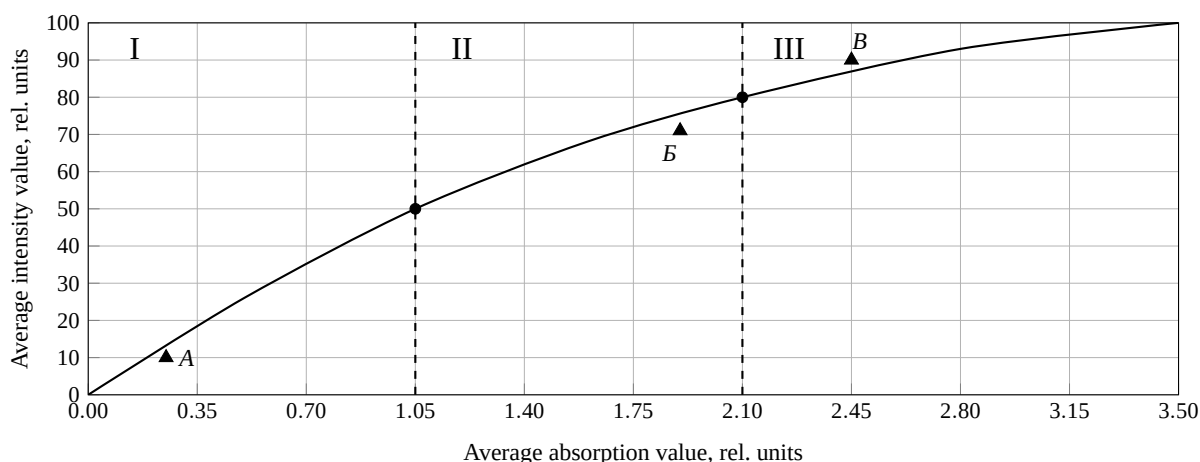


Рис. 4. Калибровочная линия средних значений интенсивности для зон интереса по усреднённым значениям коэффициента поглощения амниотической жидкости. Точки А, Б и В построены по данным УЗИ

Fig. 4. Calibration line of average intensity values for zones of interest based on average values of the amniotic fluid absorption coefficient. Points A, B, and C are plotted based on ultrasound data

### Обсуждение результатов

Известно, что преждевременное созревание плода может наступать в разные сроки гестации, обычно в период с 30 по 34 неделю. Предложенный метод позволяет своевременно выявлять это состояние и принимать обоснованные решения о родоразрешении, что способствует предотвращению развития фетальной гипоксии и снижению рисков для здоровья плода.

Обнаружена статистическая зависимость между интенсивностью отражённого ультразвукового сигнала от околоплодных вод и степенью их окрашивания, обусловленной присутствием мекония. Аналогичная тенденция была продемонстрирована в исследовании [10], где при повышенной эхогенности амниотической жидкости выявлялось наличие мекония. Однако в этом исследовании не проводилось количественное сопоставление средней интенсивности эхосигнала в зоне интереса с показателями поглощения ультразвука амниотической жидкостью. Это ограничивало возможность точного определения диагностически значимых порогов интенсивности, ассоциированных с содержанием мекония и степенью выраженности фетальной гипоксии [11].

В отличие от традиционных инвазивных методов, таких как амниоцентез и амниоскопия, предложенный метод визуальной ультразвуковой оценки позволяет проводить количественную оценку характера амниотической жидкости на основе объективных параметров – в частности, интенсивности пикселей в градациях серого.

Построение калибровочной кривой позволило определить количественные критерии наличия мекония и степени гипоксии плода на основании среднего значения интенсивности эхосигнала в зоне интереса амниотической жидкости на ультразвуковом изображении. Значения интенсивности до 50 усл. ед. соответствуют отсутствию признаков гипоксии, в диапазоне 50–80 усл. ед. свидетельствуют о гипоксии средней степени тяжести, а превышение порога 80 усл. ед. указывает на выраженную гипоксию. Полученные данные демонстрируют высокую диагностическую информативность предлагаемого ультразвукового метода при оценке околоплодных вод в клинической практике и его применимость для раннего выявления гипоксических состояний плода.

Разработанный метод является неинвазивным, что исключает дополнительный стресс для беременной женщины – крайне нежелательный фактор в период гестации. Благодаря простоте реализации и технической доступности, данный подход не требует специализированного оборудования или условий стационарного наблюдения и может быть эффективно применён в амбулаторной практике, включая женские консультации.

### Выводы

Разработан и апробирован метод неинвазивной оценки гипоксии плода на основе анализа ультразвукового изображения амниотической жидкости. Установлена взаимосвязь между интенсивностью отражённого сигнала, окраской



околоплодных вод и содержанием мекония – маркера гипоксического состояния. Метод позволяет объективно оценивать степень гипоксии плода без необходимости инвазивных процедур, таких как амниоцентез. Его простота, безопасность и возможность применения вне стационара делают его удобным инструментом для широкого клинического использования. Внедрение данной методики может повысить эффективность пренатального мониторинга, способствовать раннему выявлению гипоксии и снижению перинатальной заболеваемости и смертности. Однако для окончательной валидации требуется проведение дополнительных исследований с расширенной выборкой и последующим анализом неонатальных исходов.

### Список литературы / References

1. Fajersztajn L., Veras M. M. Hypoxia: From placental development to fetal programming. *Birth Defects Research*, 2017, vol. 109, no. 17, pp. 1377–1385. <https://doi.org/10.1002/bdr2.1142>
2. Wang B., Zeng H., Liu J., Sun M. Effects of prenatal hypoxia on nervous system development and related diseases. *Frontiers in Neuroscience*, 2021, vol. 15, art. 755554. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.755554>
3. Piešová M., Mojmír M. A. C. H. Impact of perinatal hypoxia on the developing brain. *Physiological Research*, 2020, vol. 69, no. 2, pp. 199–213. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934198>
4. Nalivaeva N. N., Turner A. J., Zhuravin I. A. Role of prenatal hypoxia in brain development, cognitive functions, and neurodegeneration. *Frontiers in Neuroscience*, 2018, vol. 12, art. 825. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00825>
5. Vain N. E., Batton D. G. Meconium «aspiration» (or respiratory distress associated with meconium-stained amniotic fluid?). *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 2017, vol. 22, no. 4, pp. 214–219. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2017.04.002>
6. Fanaroff A. A. Meconium aspiration syndrome: Historical aspects. *Journal of Perinatology*, 2008, vol. 28, suppl. 3, pp. S3–S7. <https://doi.org/10.1038/jp.2008.162>
7. Whitfield J. M., Charsha D. S., Chiruvolu A. Prevention of meconium aspiration syndrome: An update and the Baylor experience. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 2009, vol. 22, iss. 2, pp. 128–131. <https://doi.org/10.1080/08998280.2009.11928491>
8. Bushyreva I. O., Chernavsky V. V., Kolganova A. A. Meconium aspiration syndrome. *Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal* [Saratov Scientific and Medical Journal], 2010, vol. 6, no. 2, pp. 378–383 (in Russian). EDN: MWJMPT
9. Melnik E. V., Nebyshinets L. M., Kirilenko V. P. Biochemical composition of posterior amniotic fluid in cases of abnormalities of labor forces. *Reproductive Health. Eastern Europe*, 2025, vol. 15, no. 4, pp. 418–430 (in Russian). <https://doi.org/10.34883/PL2025.15.4.002>
10. Karamustafaoglu Balci B., Goynumer G. Incidence of echogenic amniotic fluid at term pregnancy and its association with meconium. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 2018, vol. 297, no. 4, pp. 915–918. <https://doi.org/10.1007/s00404-018-4679-7>
11. Nalivaeva N. N., Turner A. J., Zhuravin I. A. Role of prenatal hypoxia in brain development, cognitive functions, and neurodegeneration. *Frontiers in Neuroscience*, 2018, vol. 12, art. 825. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00825>

Поступила в редакцию 10.02.2026; одобрена после рецензирования 11.04.2026; принята к публикации 29.04.2026; опубликована 30.06.2026

The article was submitted 10.02.2026; approved after reviewing 11.04.2026; accepted for publication 29.04.2026; published 30.06.2026