

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL ARTICLE****ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ  
INNOVATIVE DEVELOPMENT**

УДК 616-072.7

<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-1-33-39>

© Малинина Е.В., Дубинкин В.А., 2021 г.

**ПОТОКОСТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ ФОНОПНЕВМОГРАФИЯ  
СПОКОЙНОГО ДЫХАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ  
ПНЕВМОНИИ НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ  
ЛЕГКИХ***Е. В. Малинина\**, *В. А. Дубинкин*

Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия

*Цель:* оценить возможности метода потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания для диагностики очага воспаления у пациентов с внебольничной пневмонией (ВП) на фоне хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ).

*Материалы и методы.* Обследовано 36 здоровых волонтеров — мужчин, не находившихся на стационарном лечении, в возрасте от 45 до 80 лет (средний возраст составил  $62,1 \pm 2,1$ ) и 36 мужчин с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких в возрасте от 45 до 80 лет (средний возраст составил  $63,1 \pm 2,7$ ), госпитализированных в терапевтическое отделение Медицинского объединения ДВО РАН (г. Владивосток). Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания проводилась всем пациентам при поступлении и здоровым лицам.

*Результаты и их обсуждение.* Разработаны спектральные критерии акустической диагностики очага пациентов с ВП на фоне ХОБЛ, определенные стандартизированной по потоку фонопневмографией спокойного дыхания. По обследуемой выборке была достигнута максимальная специфичность по группе здоровых — 80,5%, максимальная чувствительность выявления очага воспаления — 83,3%. Следовательно, чувствительность потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания намного превышает чувствительность субъективной аускультации, которая составляет 50%. Установлено, что акустические изменения в очаге пневмонии согласуются с представлениями о патоморфологии воспалительного процесса в легких: зоны акустической картины, что характеризует воспалительный очаг при пневмонии. Выявлены типы акустической картины и их пороговые значения для пациентов.

**Ключевые слова:** морская медицина, акустическая диагностика, воспалительный очаг

\*Контакт: Малинина Елена Владимировна, [vahnenko\\_elena@mail.ru](mailto:vahnenko_elena@mail.ru)

© Malinina E.V., Dubinkin V.A., 2021

**FLOWSTANDART PHONOPNEUMOGRAPHY QUIET BREATHING IN THE  
DIAGNOSIS OF COMORBID CURRENT COMMUNITY-ACQUIRED  
PNEUMONIA***Elena V. Malinina\**, *Vladimir A. Dubinkin*  
Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia

*The aim* of our study was to estimate the potential of the flow about standardized panoramogram quiet breathing (PFPG SD) for the diagnosis of inflammation in patients with community-acquired pneumonia on a background of chronic obstructive pulmonary disease (COPD).

*Materials and methods:* 36 healthy male volunteers aged 18 to 76 years old and 36 men with CAP on the background of COPD aged 45 to 80 years old, hospitalized in the Department of the Ministry of Defense of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, and were examined. PFPG SD was performed on admission to all patients and healthy individuals.

*Results and discussion:* Spectral criteria for acoustic diagnostics of the focus of patients with CAP on the background of COPD were developed, determined by PFPG SD. The maximum specificity for the group of healthy people was reached — 80,5%, the maximum sensitivity of detecting the focus of inflammation — 83,3%. The sensitivity of PFPG

SD exceeds the sensitivity of subjective auscultation. The types of acoustic pattern and their threshold values for patients were revealed.

**Key words:** marine medicine, acoustic diagnosis, inflammatory foci

\*Contact: *Malinina Elena Vladimirovna, vahnenko\_elen@mail.ru*

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Малинина Е.В., Дубинкин В.А. Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания в диагностике внебольничной пневмонии на фоне хронической обструктивной болезни легких // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 1. С. 33–39, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-1-33-39>.

**Conflict of interest:** authors declared no conflict of interest.

**For citation:** Malinina E.V., Dubinkin V.A. Flowstandart phonopneumography quiet breathing in the diagnosis of comorbid current community-acquired pneumonia // *Marine medicine*. 2021. Vol. 7, No. 1. P. 33–39, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-1-33-39>.

**Введение.** Болезни органов дыхания в Приморском крае в структуре заболеваемости имеют тенденцию к росту среди взрослых — 30%, подростков — 47%. Рентгенологические методы являются стандартом обследования пациентов с предполагаемой внебольничной пневмонией. У небольшой части пациентов внебольничной пневмонией рентгенологическая картина нетипична или клинические проявления, сходные с пневмонией, обусловлены другим патологическим процессом. В этих случаях рентгенографическое исследование может быть дополнено компьютерной томографией (КТ). Благодаря совершенствованию компьютерной техники и инновационным методикам в современной клинической практике у врачей появилась возможность анализировать легочные звуки и представлять их в виде фонопневмограмм, паттернам, которые могут быть подвергнуты объективному анализу и количественной оценке [1, с. 17; 2, с. 137; 3, с. 377; 4, с. 1292]. Известны и широко применяются акустические способы диагностики очаговых образований в легких человека, основанные на субъективном выслушивании возникающих в легких звуковых явлений — аускультации [5, с. 100; 6, с. 41; 7, с. 90]. Внедрение в клиническую практику компьютерных технологий в значительной степени способствовало объективизации диагностики пневмонии [8, с. 87]. Среди неинвазивных методов диагностической визуализации/томографии легких выделяют три основных схемы: эхолокационную — УЗИ, трансмиссионную — рентгеновские, включая КТ и эмиссионную — магнитно-резонансную томографию (МРТ) и позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ) [6, с. 44; 9, с. 15]. Достоинством методов респираторной акустики звукового диапазона частот является возможность сочетания всех перечисленных

схем. Предпринималось довольно много попыток, чтобы достичь этого класса методов, но получилось достичь результата только по изолированной схеме: эмиссионные и трансмиссионные [10, с. 570; 11, с. 1492]. Хотя результаты в практическом смысле впечатляют незначительно, тем не менее перспективы контроля не структурных, как в КТ и МРТ, а функциональных характеристик дыхательной системы, таких как региональная вентиляция, возможны весьма многообещающими. Кроме того, потенциальная стоимость таких систем намного ниже, чем КТ- и МРТ-комплексов. И поэтому на сегодняшний день одним из акустических методов в диагностике заболеваний легких является потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания (ПФПГ СД). Диагностическая эффективность метода ПФПГ СД в обследуемой группе была сопоставлена с данными физикального и рентгенологического методов. В табл. 1 представлены диагностическое сравнение рентгенологического и акустического метода потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания.

Несмотря на преимущества метода с точки зрения его неинвазивности, безопасности, ежедневного применения, аппаратно-программного заключения результатов, динамического наблюдения ПФПГ СД пока не стала стандартной методикой для оценки патологического очага легких в клинической практике.

**Материалы и методы.** Обследовано 36 здоровых волонтеров — мужчин, не находившихся на стационарном лечении, в возрасте от 45 до 80 лет (средний возраст составил  $62,1 \pm 2,1$  года) и 36 мужчин с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких в возрасте от 45 до 80 лет (средний возраст составил  $63,1 \pm 2,7$  года), госпитализированных

Таблица 1

## Диагностическое сравнение рентгенологического и акустических методов

Table 1

## Comparison of diagnostic x-ray and acoustic techniques

Параметр	Рентгенологическое исследование	Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания
Главный принцип исследования	Рентгеновские лучи	Регистрация дыхательных шумов на поверхности грудной клетки в классических точках аускультации
Главные параметры Рентгенологическая нагрузка	Паренхима, корни легких, плевра +++	Паренхима: f-3 дБ, f-20 дБ —
Частота исследования	Исследование Р-ОГК в динамике	Ежедневно
Описание заключения	Даст только врач	Наличие акустического заключения

в терапевтическое отделение Медицинского объединения ДВО РАН (г. Владивосток). Критерии: внебольничная пневмония на фоне хронической обструктивной болезни легких средней степени тяжести. В качестве основных показателей, определяющих наличие хронического обструктивного паттерна, использовали  $ОФВ_1 \geq 80\%$  и  $ОФВ_1 (ФЖЕЛ < 70\%)$  [12, с. 88].

Критерии исключения: ВП на фоне хронической обструктивной болезни легких тяжелой и крайне тяжелой степени тяжести. Все пневмонии были внебольничными, смешанной этиологии, локализацией, преимущественно (70% в нижних долях). В начале заболевания было госпитализировано 34% пациентов. Данные физикального обследования характеризовались разнообразием, изменчивостью. Рентгенологический очаг был описан как инфильтрация легочной ткани в 100% случаев и подтвержден методом компьютерной томографии. Согласно клиническим и рентгенологическим данным внебольничная пневмония у 58% пациентов была правосторонней, у 36% — левосторонней, у 6% — двусторонней, по тяжести течения пневмония была нетяжелой у 95% пациентов, тяжелого течения — у 5%. Верхнедолевая пневмония выявлена у 16% пациентов, среднедолевая — у 25%, нижнедолевая — у 58%. По распространенности процесса пневмония носила очаговый характер у 58%, очагово-сливной — у 17%, долевой — у 25% пациентов. Исследование имело открытый проспективный характер, было одобрено междисциплинарным этическим комитетом Тихоокеанского государственного медицинского университета. Все обследуемые дали информированное согласие. Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания проводилась по оригинальной авторской ме-

тодике [Патент № 2528653 Российская Федерация, МПК А61В 5/08. Способ акустической диагностики очага в легком / Малинина Е.В., Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И., Сафронова М.А.; опублик. 20.09.2014, БИ № 26]. Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания проводилась всем пациентам при поступлении и здоровым лицам. Запись осуществлялась сидя. Нос обследуемых закрывался клипсой. Акустический датчик фиксировали с помощью резинового жгута (бинт Мартенса). Исследование проводилось во всех классических точках аускультации легких на поверхности грудной клетки обследуемого с помощью измерительного тракта, включающего акустический датчик, в составе конденсаторного микрофона типа МК 102 (RFT), оснащенного стетоскопической насадкой, шумомера, типа 00023 (RFT), электронного самописца Power Lab (ADInstruments) и портативного компьютера. Перед началом записи с помощью переключателя фильтров на шумомере устанавливалась частотная характеристика типа «А», подавляющая амплитуду регистрируемых сигналов в области низких частот. Сигналы с микрофона, пропущенные через шумомер, подавались на один из каналов электронного самописца. На второй вход электронного самописца был подключен спирометр (ADInstruments), снабженный трубкой Лили. Спирометр позволял в режиме пневмотахографа регистрировать объемную скорость проходящего потока воздуха. На третий вход электронного самописца был подключен пьезоэлектрический датчик пульса, фиксируемых на кончике пальца обследуемого. Запись скорости потока воздуха и пульсовой волны производилась синхронно с частотой дискретизации 10 кГц. При записи обследуемый

выполнял несколько вдохов/выдохов через трубку Лилли и самостоятельно отслеживал скорость потока в реальном времени на экране компьютера, стараясь дышать так, чтобы кривая скорости не выходила за пределы заданной врачом целевого потока. Сигналы обрабатывали в программе Chart (ADInstruments). Далее wave файл обрабатывался в пакете программ Spectra Lab (SoundTech). Для сглаживания разрывов, образовавшихся при вырезании фрагментов с постоянной скоростью потока, сигнал пропускать через фильтр высоких частот с частотой среза 10 Гц. Затем вычислялся амплитудный спектр сигнала (логарифмический масштаб по амплитуде, число отсчетов 1024, перекрытие 50%, окно Хэннинга). Полученные спектры сохранялись также в виде текстовых файлов в программе MS Excel. Предложено вычислять два спектральных параметра:  $f_{-3}$  дБ и  $f_{-20}$  дБ. Обследуемым определяли акустические параметры  $f_{-3}$  дБ и  $f_{-20}$  дБ в каждой точке обследования. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью программы Statistica (StatSoft Inc.). Нормальность распределения вариант оценивалась с помощью  $W$ -критерия Шапиро–Уилка. Значимость различий параметров в двух независимых выборках оценивалась с помощью непараметрического теста Манна–Уитни.

**Результаты и их обсуждение.** Вначале были определены пороговые значения акустических параметров здоровых. Пороговые значения определялись путем максимизации показателей чувствительности и специфичности по обследуемой выборке методом ROC-анализа [12, с. 100]. Для акустической характеристики дыхательных шумов определяли верхние частоты среза спектра по уровню  $-3$  дБ и  $-20$  дБ от максимума амплитуды спектра. Полученные по точкам обследования значения акустических параметров  $f_{-3}$  дБ,  $f_{-20}$  дБ у пациентов с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких далее сравнивали с пороговыми значениями здоровых. Расчетная диагностическая чувствительность, рассчитанная по формуле, составила ПФПГ СД 83,3%, что намного превышает чувствительность субъективной аускультации 50% [12, с. 92]. Таким образом, спектральные особенности акустических сигналов на поверхности грудной клетки у здоровых лиц при скорости потока  $0,89 \pm 0,18$  л/с имеют следующие диапазоны: частота среза по уровню  $-3$  дБ — 269,5–359,4 Гц, частота среза по уровню

$-20$  дБ — 531,3–621,1 Гц. Далее для выявления внебольничной пневмонии на фоне хронической обструктивной болезни легких было определено, что акустическим признаком нарушений, связанных с наличием очага пневмонии, является условие превышения параметров  $f_{-3}$  дБ и/или  $f_{-20}$  дБ указанных пороговых значений для пациентов с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких (табл. 2).

Согласно полученным акустическим параметрам у пациентов с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких и здоровых лиц применение ПФПГ СД позволяет существенно повысить эффективность акустического выявления очаговых образований в легких человека за счет обнаружения авторами новых, надежных, объективно и автоматически оцениваемых акустических характеристик дыхательных шумов  $f_{-3}$  дБ и/или  $f_{-20}$  дБ и их пороговых значений. Можно утверждать, что с учетом проекции этих точек на поверхность грудной клетки и выполнение условия превышения параметров  $f_{-3}$  дБ и/или  $f_{-20}$  дБ соответствовало зоне акустической картины, что полностью совпадало с локализацией очага по данным компьютерной томографии легких. Зона акустической картины топографически соответствует зоне воспаления, т.е. синдрому уплотнения легочной ткани, превышение акустического параметра  $f_{-3}$  дБ в точке ЗП<sub>18</sub> в пределах 487,2 Гц, ЗП<sub>17</sub> — 488,1 Гц, ЗП<sub>16</sub> — 481,2 Гц, ЗП<sub>15</sub> — 486,2 Гц, ЗП<sub>14</sub> — 452,1 Гц, ЗП<sub>13</sub> — 416,1 Гц, ЗП<sub>12</sub> — 405,1 Гц, ЗП<sub>11</sub> — 501,1 Гц, превышение акустического параметра  $f_{-20}$  дБ в точке ЗП<sub>18</sub> в пределах 661,2 Гц, ЗП<sub>17</sub> — 740,3 Гц, ЗП<sub>16</sub> — 670,8 Гц, ЗП<sub>15</sub> — 730,1 Гц, ЗП<sub>14</sub> — 748,1 Гц, ЗП<sub>13</sub> — 691,1 Гц, ЗП<sub>12</sub> — 649,2 Гц, ЗП<sub>11</sub> — 688,1 Гц,— свидетельствует о наличии патологического очага в легком.

По наличию и превышению акустических параметров (акустическим критериям) выделены различные типы акустической картины очага: 1-й тип (превышение акустического параметра  $f_{-3}$  дБ), 2-й тип (превышение акустического параметра  $f_{-20}$  дБ), 3-й тип (сочетание превышения акустических параметров  $f_{-3}$  дБ и  $f_{-20}$  дБ). Пациенты распределились по наиболее часто встречающимся акустическим критериям следующим образом: пациенты с ВП на фоне ХОБЛ соответствовали 3-му типу акустической картины очага (см. табл. 2). Спек-

Таблица 2

**Групповые значения акустических параметров потокостандартизированной фонопневмографии в группе здоровых лиц и у пациентов с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких ( $M \pm m$ )**

Table 2

**Group values of acoustic parameters flow on standardized phonopneumography in a group of healthy individuals and in patients with community-acquired pneumonia on the background of chronic obstructive pulmonary disease ( $M \pm m$ )**

Точки обследования	Граничные частоты спектра, Гц			
	f <sub>-3</sub> дБ		f <sub>-20</sub> дБ	
	контроль	пациенты с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких	контроль	пациенты с внебольничной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких
ЗП <sub>11</sub>	482,7±0,5	501,1±14,02	662,3±0,5	688,1±0,01
ЗП <sub>12</sub>	396,7±0,4	405,1±0,2	619,4±0,5	649,2±0,2
ЗП <sub>13</sub>	392,8±0,01	416,1±0,2	664,3±0,02	691,1±0,02
ЗП <sub>14</sub>	428,0±0,12	452,1±0,1	658,4±0,05	748,1±0,1
ЗП <sub>15</sub>	459,2±0,002	486,2±0,2	650,6±0,04	730,1±0,2
ЗП <sub>16</sub>	451,4±0,02	481,2±0,1	631,1±0,03	670,8±0,03
ЗП <sub>17</sub>	463,1±0,4	488,1±0,01	713,1±0,7	740,3±0,2
ЗП <sub>18</sub>	443,6±0,8	487,2±0,3	631,1±0,1	661,2±0,02

Примечание: ЗП — задняя поверхность; ЗП<sub>11</sub> — правая надлопаточная область, ЗП<sub>12</sub> — левая надлопаточная область; ЗП<sub>13</sub> — правая межлопаточная область (на уровне VI грудных позвонков); околопозвоночная линия; ЗП<sub>14</sub> — левая межлопаточная область (на уровне VI грудных позвонков); околопозвоночная линия; ЗП<sub>15</sub> — правая межлопаточная область (на уровне VI грудного позвонка); околопозвоночная линия; ЗП<sub>16</sub> — левая межлопаточная область (на уровне VI грудного позвонка); околопозвоночная линия; ЗП<sub>17</sub> — правая подлопаточная область; ЗП<sub>18</sub> — левая подлопаточная область.

Note: ZP — posterior surface; ZP<sub>11</sub> — right suprascapular region, ZP<sub>12</sub> — left suprascapular region, ZP<sub>13</sub> — right interscapular right interscapular region (at the level of VI thoracic vertebrae), paravertebral line, ZP<sub>14</sub> — left interscapular region (at level VI of the thoracic vertebrae), paravertebral line, ZP<sub>15</sub> — the right interscapular region (at the level of the VI thoracic vertebra), the paravertebral line, ZP<sub>16</sub> — the left interscapular region (at the level of the VI thoracic vertebra), the paravertebral line, ZP<sub>17</sub> — the right subscapularis, ZP<sub>18</sub> — the left subscapularis.

тральные особенности акустических сигналов на поверхности грудной клетки у здоровых лиц при скорости потока  $0,89 \pm 0,18$  л/с лежат в следующих диапазонах: частота среза по уровню  $-3$  дБ (f<sub>-3</sub> дБ) —  $269,5-359,4$  Гц; частота среза по уровню  $-20$  дБ (f<sub>-20</sub> дБ) —  $531,3-621,1$  Гц. Далее для выявления ВП определено, что акустическим признаком нарушений, связанных с наличием очага пневмонии, является условие превышения параметров f<sub>-3</sub> дБ и/или f<sub>-20</sub> дБ разработанных пороговых значений для пациентов с ВП.

Представляем клинический случай.

**Клинический пример.** Пациент Б., 61 года, поступил с жалобами на частый кашель со слизистой мокротой, чаще по утрам одышку, повышение температуры. Из анамнеза выяснено, что болен 4-и сутки, заболевание началось с усиления одышки, на 2-й день заболевания увеличилось количество мокроты, кашель беспокоил на протяжении всего дня, температура оставалась субфебрильной. Вызвал врача на дом, направлен на стационарное лечение. При поступ-

лении: состояние средней тяжести, за счет симптомов интоксикации, гипертермии. Частота дыхания в покое 21 в 1 минуту. Перкуторно: справа укорочение перкуторного звука в нижних отделах по средней, задней подмышечным и лопаточной линиям. Аускультативно: дыхание жесткое, справа влажные мелкопузырчатые хрипы в нижних отделах в зоне изменения перкуторного звука, единичные рассеянные сухие хрипы. Пациенту Б. проведена рентгенография органов грудной клетки в двух проекциях: справа в проекции S<sub>9</sub> и S<sub>10</sub> визуализируется инфильтрация легочной ткани. Плевральная полость без особенностей. Проведенное спирометрическое исследование обнаружило у пациента вентиляционные нарушения по обструктивному типу (ОФВ<sub>1</sub> — 80% от должной величины, ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ — 68%); обратимость бронхообструкции на 400 мкг сальбутамола составила 39%. Пациенту Б. проведена потокостандартизированная фонопневмография с учетом вышеперечисленных методологических подходов. В каждой точке исследования пациенту были

определены акустические параметры  $f_{-3}$  дБ и  $f_{-20}$  дБ. Величины этих параметров сравнены с соответствующими порогами по описанной выше процедуре. В результате в таблице рассчитанных параметров выделены курсивом значения, превышающие пороговые (табл. 3).

ствующий диагноз: хроническая обструктивная болезнь легких I стадии, группа В. Клинически: локализации в нижней доле справа; рентгенологически: S<sub>9</sub>–S<sub>10</sub>. Акустически: 3-й тип акустической картины очага. Учитывая типы акустической картины и пороговые значения выше ука-

Таблица 3

**Акустические параметры по точкам обследования пациента В., 61 год с диагнозом: Внебольничная пневмония в нижней доле справа (S<sub>9</sub>–S<sub>10</sub>). Хроническая обструктивная болезнь легких I стадии, группа В**

Table 3

**Acoustic parameters at the points of examination of patient В., 61 years old with a diagnosis: Community-acquired pneumonia in the lower right lobe (S<sub>9</sub>–S<sub>10</sub>). Chronic obstructive pulmonary disease stage I, group В**

Точки обследования ЗП	Акустический параметр	
	$f_{-3}$ дБ	$f_{-20}$ дБ
ЗП <sub>11</sub>	254,4	465,7
ЗП <sub>12</sub>	300,1	538,2
ЗП <sub>13</sub>	359,2	556,7
ЗП <sub>14</sub>	386,1	515,2
ЗП <sub>15</sub>	462,3	621,3
ЗП <sub>16</sub>	338,2	588,2
ЗП <sub>17</sub>	562,8*	745,2*
ЗП <sub>18</sub>	390,9	590,9

Примечание: ЗП — задняя поверхность;  $f_{-3}$  дБ — частота среза  $-3$  дБ;  $f_{-20}$  дБ — частота среза  $-20$  дБ, \*  $p < 0,05$ .

Note: ZP — posterior surface;  $f_{-3}$  dB — cutoff frequency « $-3$ » dB;  $f_{-20}$  dB — cutoff frequency « $-20$ » dB, \* — reliable deviation of the acoustic parameter.

В точке ЗП<sub>17</sub> обнаруживаются отклонения акустических параметров  $f_{-3}$  дБ и  $f_{-20}$  дБ от порогов. С учетом проекции этих точек обследования пациента, очевидно, что справа в проекции 9-го, 10-го сегментов имеется зона акустических нарушений, которая соответствует 3-му типу акустической картины очага для пациентов с ВП на фоне ХОБЛ. Это согласуется с очагом инфильтрации, выявленным в S<sub>9</sub>, S<sub>10</sub> правого легкого по рентгенологическим данным. Эти акустические изменения в очаге пневмонии согласуются с представлениями о патоморфологии воспалительного процесса в легких: зона измененной согласно критериям акустической картины соответствует синдрому уплотнения легочной ткани и характеризует воспалительный очаг уплотнения. Полученные акустические данные соответствуют типу акустической картины очага (синдроме уплотнения легочной ткани) в правом легком, топографически соответствующем нижней доле правого легкого. На основании вышеперечисленных данных (анамнестических, клинических, объективных, лабораторных и инструментальных) был установлен диагноз: внебольничная пневмония. Сопут-

занных параметров, установлено, что пациенты данной группы в большей мере соответствовали 3-му типу акустической картины, когда встречалось сочетание акустических критериев  $f_{-3}$  дБ и  $f_{-20}$  дБ (см. табл. 2). Выявленные акустически очаги были сопоставимы рентгенологически и клинически, что свидетельствовало о наличии патологического очага в легком на фоне хронической обструктивной болезни легких.

**Заключение.** Можно утверждать, что спектральные особенности акустических сигналов на поверхности грудной клетки у здоровых лиц при скорости потока  $0,89 \pm 0,18$  л/с соответствуют диапазону: частота среза по уровню  $-3$  дБ — 269,5–359,4 Гц, частота среза по уровню  $-20$  дБ — 531,3–621,1 Гц. Проведя верификацию потокостандартизированного фонопневографического метода диагностики очага воспаления путем клинико-рентгенологических сопоставлений чувствительность выявления очага пневмонии в группе пациентов составила 83,3%. Согласно подразделению на типы акустической картины и их пороговых значения пациенты соответствовали трем типам акустической картины. Установлено, что пациенты внебольнич-

ной пневмонией на фоне хронической обструктивной болезни легких соответствуют III типу акустической картины. Предлагаемый метод ПФПГ СД совершенно безопасен для обследо-

мых, не связан с вредными облучениями и весьма прост в реализации и может быть реализован как межрентгеновский мониторинг очаговых образований в легких.

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Вотчал Б.Е. Акустические характеристики стетофонендоскопов и их измерение // *Мед. техника*. 1972. Т. 2. С. 16–20 [Votchal B.E. Acoustic characteristics of stethophonendoscopes and their measurement. *Medical equipment*, 1972, Vol. 2, pp. 16–20 (In Russ.)].
2. Дьяченко А.И. Респираторная акустика // *Лазерная и акустическая биомедицинская диагностика*. 2012. Т. 68. С. 136–181. [Dyachenko A.I. Respiratory acoustics. *Laser and acoustic biomedical diagnostics*, 2012, Vol. 68, pp. 136–181 (In Russ.)].
3. Коренбаум В.И. Особенности акустических явлений, наблюдаемых при аускультации легких // *Акустический журнал*. 2003. № 3 (4). С. 376–388 [Korenbaum V.I. Features of acoustic phenomena observed during lung auscultation. *Acoustic magazine*, 2003, No. 3 (4), pp. 376–388 (In Russ.)].
4. Gavriely N. Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects // *Thorax*. 1995. Vol. 50. P. 1292–1300.
5. Малинина Е.В., Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И., Сафронова М.А. Характеристики стандартизованных по потоку шумов вдоха здорового человека // *Физиология человека*. 2014. № 4 (40). С. 99–109. [Malinina E.V., Kulakov Yu.V., Korenbaum V.I., Safronova M.A. Characteristics of standardized flow of breath sounds of a healthy person. *Human physiology*, 2014, Vol. 4 (40), pp. 99–109 (In Russ.)].
6. Малинина Е.В. Комплексная диагностика внебольничной пневмонии методом потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания // *Морская медицина*. 2018. № 4 (1). С. 41–46. [Malinina E.V. Complex diagnostics of community-acquired pneumonia by the flow method of standardized phonopneumography of calm breathing. *Marine medicine*, 2018, Vol. 4 (1), pp. 41–46 (In Russ.)].
7. Малинина Е.В., Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И., Сафронова М.А. Фोनореспираграфия спокойного дыхания в комплексной диагностике пневмоний // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2014. № 1 (55). С. 90–92 [Malinina E.V., Kulakov Yu.V., Korenbaum V.I., Safronova M.A. Phonorespirography of quiet breathing in the complex diagnosis of pneumonia. *Pacific medical journal*, 2014, Vol. 1 (55), pp. 90–92 (In Russ.)].
8. Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И. Значение акустических методов в диагностике пневмонического очага // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2017. № 4. С. 87–89. [Kulakov Yu.V., Korenbaum V.I. The value of acoustic methods in the diagnosis of a pneumonic focus. *Pacific medical journal*, 2017, No. 4, pp. 87–89 (In Russ.)].
9. Dyachenko Alexander I. Biophysics of Chest Vibrations // *J. Apl. Theol.* 2017. Vol. 1, No 2. P. 14–19.
10. Коренбаум В.И., Ширяев А.Д. Особенности звукопроводения в легких человека в диапазонах частот 80–1000 Гц и 10–19 кГц // *Акустический журнал*. 2020. Т. 66, № 5. С. 563–574 [Korenbaum V.I., Shiryaev A.D. Features of sound conduction in human lungs in the frequency ranges 80–1000 HZ and 10–19 KHZ. *Acoustic journal*, 2020, Vol. 66, No. 5, pp. 563–574 (In Russ.)].
11. Murphy R.L., Vyshedskiy A., Power-Charnitsky V.A. Automated lung sound analysis in patients with pneumonia // *Respir. Care*. 2004. Vol. 49, No. 12. P. 1490–1497.
12. Власов В.В. *Введение в доказательную медицину*. М.: Медиа сфера, 2001. 293 с. [Vlasov V.V. *Introduction to evidence-based medicine*. Moscow: Publishing house Media sphere, 2001, 293 p. (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 06.08.2021 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — Е.В.Малинина. Вклад в сбор данных — Е.В.Малинина. Вклад в анализ данных и выводы — В.А.Дубинкин, Е.В.Малинина. Вклад в подготовку рукописи — Е.В.Малинина.

#### Сведения об авторах:

Малинина Елена Владимировна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 690002, г. Владивосток, пр-т Острякова, д. 2А; e-mail: vahnenko\_elena@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4937-2916; SPIN-код: 8308-2107; AuthorID: 686439; Дубинкин Владимир Александрович — доктор медицинских наук, профессор кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 690002, г. Владивосток, пр-т Острякова, д. 2А; ORCID: 0000-0003-2422-911X; SPIN-код: 5912-7380, AuthorID: 783297.