

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ» ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА АУСКУЛЬТАТИВНЫХ ФЕНОМЕНОВ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

¹Лаптева Е. А., ¹Коваленко И. В., ¹Лаптев А. Н., ¹Катибникова Е. И., ¹Позднякова А. С.,
¹Коровкин В. С., ¹Харевич О. Н., ²Лаптева И. М., ³Горенюк О. Л., ³Эльжбур М. С.,
³Ермоленко О. П., ⁴Журович М. И., ⁴Дулуп И. П., ⁵Каранкевич А. А., ⁵Зябко М. Н.,
⁵Бинецкая Е. А., ⁵Нарушевич Ю. Ю., ⁵Дубинецкий В. В.

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

³Минский областной противотуберкулёзный диспансер, д. Лесковка,
Минская область, Беларусь

⁴6-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

⁵Общество с ограниченной ответственностью «Хэлси Нетворкс», Минск, Беларусь

Введение. Внедрение электронной аускультации в практическую медицину представляется перспективным и целесообразным. В Республике Беларусь данное направление практически не разрабатывалось.

Цель. Изучить эффективность использования нейронных сетей «Паспорт лёгких» при осуществлении диагностических мероприятий у пациентов с заболеваниями органов дыхания и на этой основе разработать автоматическую систему оценки состояния бронхолёгочной системы.

Материал и методы. Использовался программно-аппаратный комплекс Lung Passport на основе алгоритма машинного обучения для классификации типа аускультативного феномена.

Результаты. Автоматическая система анализа звуковых феноменов обладает высокой чувствительностью (80,81-93,33%) и специфичностью (83,33-98,99%), позволяет объективизировать аускультативные данные.

Выводы. Использование метода автоматической классификации аускультативных феноменов на базе машинного обучения позволит повысить эффективность ранней диагностики и мониторинга респираторной патологии.

Ключевые слова: нейронные сети, аускультация, болезни органов дыхания.

Для цитирования: Применение технологии «нейронных сетей» для выявления и мониторинга аускультативных феноменов при диагностике заболеваний органов дыхания / Е. А. Лаптева, И. В. Коваленко, А. Н. Лаптев, Е. И. Катибникова, А. С. Позднякова, В. С. Коровкин, О. Н. Харевич, И. М. Лаптева, О. Л. Горенюк, М. С. Эльжбур, О. П. Ермоленко, М. И. Журович, И. П. Дулуп, А. А. Каранкевич, М. Н. Зябко, Е. А. Бинецкая, Ю. Ю. Нарушевич, В. В. Дубинецкий // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2020. Т. 18, № 3. С. 230-235. <http://dx.doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-3-230-235>.

Введение

В последние годы в медицине начало формироваться новое научное направление – респираторная акустика, цель которого – изучение и внедрение в практику объективных методов идентификации аускультативных данных с помощью электронной системы анализа звуковых феноменов. В настоящее время создана Международная ассоциация лёгочных звуков, авторы которой указывают на необходимость и перспективность исследования звуковых феноменов в пульмонологии с применением электронной аускультации лёгких [1-13]. В ряде стран проводятся исследования, посвященные применению компьютерных технологий в оценке дыхательных шумов, главным образом в педиатрической практике [7, 9, 11]. Часть исследований посвящена изучению физикальных симптомов у пациентов с пневмонией и бронхиальной астмой (БА). Ряд авторов подчеркивает важность мониторинга свистящих хрипов во время проведения бронхопровокационных тестов, а также у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких

(ХОБЛ), БА, гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью, сердечно-сосудистой патологией [4, 9, 11, 13]. В Республике Беларусь данное направление практически не разрабатывалось. Однако для практической медицины внедрение электронной аускультации представляется перспективным и целесообразным, так как болезни органов дыхания (БОД) в нашей республике лидируют в структуре заболеваемости как среди взрослых, так и среди детей. Кроме того, БОД занимают первое место среди заболеваний, обуславливающих временную потерю трудоспособности, что в целом влечет значительные экономические затраты.

Большинство острых и хронических БОД диагностируются и мониторируются на амбулаторном этапе оказания медицинской помощи, что не подразумевает использования высокотехнологичных и дорогостоящих методов. Один из основных способов диагностики – физикальный метод обследования. При исследовании органов дыхания особенно ценна аускультация, так как структура бронхов и лёгких создает условия для появления звуковых феноменов, изменяющихся

в больших диапазонах при возникновении какой-либо патологии. Объективизация и мониторинг акустических феноменов, сопоставление их с другими клиническими и функциональными симптомами и анамнезом заболевания представляется важной составляющей при работе с пациентами пульмонологического профиля.

Цель исследования: изучить эффективность использования нейронных сетей «Паспорт лёгких» при осуществлении диагностических мероприятий у пациентов с заболеваниями органов дыхания и на этой основе разработать автоматическую систему (АС) оценки состояния органов дыхания.

Материал и методы

В исследование были включены 312 пациентов, с 2017 по 2018 гг. находившихся на стационарном лечении в УЗ «Минский областной противотуберкулёзный диспансер», УЗ «6-я городская клиническая больница № 6» г. Минска. БА была диагностирована у 89 человек из их числа, пневмонии – у 92, ХОБЛ – у 66, бронхоэктазы, не обусловленные ХОБЛ, – у 12, хронический бронхит – у 32, острый бронхит и другие ОРЗ – у 21 пациента. Контрольную группу составили 50 здоровых лиц. Для электронной аускультации (ЭА) использовался программно-аппаратный комплекс Lung Passport на основе алгоритма машинного обучения для классификации типа аускультативного феномена. Был сформирован паттерн «здорового дыхания» (контрольная группа), который служил ориентиром при аускультации.

Для машинного обучения использовалось 605 аудиозаписей, распределённых по трем классам: 1) сухие хрипы: «свистящие» и «басовые»; 2) влажные хрипы: крупно-, средне-, мелкопузырчатые, крепитирующие; 3) отсутствие хрипов. Данные аускультации, симптомы, анамнез фиксировались в электронном дневнике с последующим сохранением с целью формирования обучающей выборки для алгоритма машинного обучения.

Дизайн исследования. На первом этапе проводилась ЭА при поступлении пациента в профильное отделение после верификации диагноза. Аудио-сигнал поступал с модифицированной модели врачебного стетоскопа. На втором этапе после набора достаточного количества данных группой экспертов-пульмологов осуществлялся анализ аускультативных феноменов с формулировкой заключений об их характере, – таким образом формировалась база данных аускультативных феноменов с разметкой для их последующего использования при обучении классификатора. На третьем этапе осуществлялась апробация АС на группе пациентов с разными БОД с верифицированными диагнозами и проводилось сравнение заключений АС с заключениями врачей общей врачебной практики, участковых терапевтов и педиатров, а также с результатами рентгенологического исследования, СКТ ОГК. В завершение рассчитывали чувствительность (Se) и специфичность (Sp) метода:

$Se = N(ИП)/(N(ИП)+N(ЛО))$ – чувствительность (доля исследований с правильной трактовкой наличия и характера хрипов);

$Sp = N(ИО)/(N(ИО)+N(ЛП))$ – специфичность (доля исследований с правильным заключением об отсутствии хрипов), где ИП – истинно положительный результат, ЛО – ложноотрицательный, ИО – истинно отрицательный, ЛП – ложноположительный.

Технологические методы. Ядро обработки дыхательных шумов включало: определение типа дыхательного шума и фазы дыхания, визуальную разметку амплитудно-временного отображения сигнала по фазам дыхания и зафиксированные хрипы, цифровую обработку сигналов (шумоподавление, нормализация и частотная фильтрация). Использовались: язык программирования – Python, технология – Tensorflow, Keras.; проектируемые характеристики: время на классификацию записи звука лёгких – до 0,6 с; точность классификации – 93%.

Структура ядра:

I. Модуль цифровой обработки сигнала. Аудиосигнал, переданный на сервер, проходил два этапа обработки: шумоподавления, частотной фильтрации и пиковой нормализации. Для удаления шума использовали два вейвлет-преобразования: прямое и обратное, для частотной фильтрации – фильтр с конечной импульсной характеристикой с окном кайзера до 8 кГц, так как именно в диапазоне от 20 Гц до 8 кГц фиксируются дыхательные шумы.

II. Модуль автоматического распознавания. Основой модуля являлась нейросеть, которая была обучена с использованием техники переноса обучения (transfer learning, нейропластичность), так как объем обучающей и тестовой выборки мал для проведения процедуры глубинного обучения с нуля, а простые классификаторы, такие как многослойная сеть прямого распространения, не имеют достаточной способности к обобщению. Обученная модель загружалась в демон-поток, к которому осуществлялись все последующие обращения. Результат классификации – вероятность отнесения записи с дыхательным шумом в один из вышеуказанных классов.

III. Модуль визуальной разметки и определения фаз дыхания. Основой модуля является алгоритм определения акустической активности, а результатом выполнения – временные интервалы, в которые данная активность была зафиксирована. Алгоритм имеет настраиваемые характеристики, по которым он определяет, что является «активностью» (вдох/выдох), а что – «тишиной» (пауза с фоновым шумом между вдохом и выдохом).

IV. Модуль экспертной системы. В основе этого модуля лежит «лес» принятия решений, «деревья» которого созданы на основе ответов на вопросы медицинского опросника, встроенного в мобильное приложение. Кроме того, учитываются результаты автоматического анализа дыхательных шумов с целью генерации рекомендаций для пациента и формирования отчета, доступного доверенному врачу через сайт.

V. API. Предназначено для предоставления доступа сторонним сервисам к ядру разработанной технологии, т. е. позволяет узнать класс дыхательного шума и получить визуальную разметку фаз дыхания с помощью HTTP-запроса в формате JSON. Язык программирования: Python, C#. Используемые технологии: WebAPI, REST, JSON.

Статистическая обработка данных проведена с использованием методов непараметрической статистики (стандартный пакет программ SPSS 17.0).

Результаты и обсуждение

У пациентов с БА при выявлении и интерпретации сухих «свистящих» хрипов Se метода ЭА составила 93,33% (83 записей), Sp – 98,83% (88 записей). У пациентов с ХОБЛ, а также с хроническими и острыми бронхитами, сопровождавшимися появлением сухих хрипов разного тембра, Se составила 80,81% (80 записей), Sp – 98,99% (98 записей). При пневмониях, обострении ХОБЛ и бронхоэктатических поражениях иной этиологии, сопровождающихся влажными разнокалиберными хрипами, Se и Sp составили, соответственно: для крупно- и средне-пузырчатых хрипов – 93,33% (150 записей) и 83,33% (125 записей). Выявление крепитирующих хрипов у 92 пациентов с пневмониями обусловило Se 86,67% (81 запись), Sp – 98,33% (91 запись). При ЭА здоровых лиц Se и Sp составили 86,67% (44 записи) и 96,67% (49 записей), соответственно.

Прослушивание и анализ аускультативных феноменов, выявленных при ЭА, был предложен 32 врачам (терапевты, пульмонологи, фтизиатры, педиатры) с последующим сопоставлением результатов с данными АС. В результате отмечено, что наибольшую настороженность в отношении выявления возможной патологии продемонстрировали педиатры (71,23% верных интерпретаций). Врачи всех специальностей продемонстрировали наибольшую достоверность при распознавании сухих хрипов и крупнокалиберных влажных хрипов. Крепитирующие хрипы, как и единичные сухие, всеми специалистами выявлялись реже – в 40,8% случаев. Наименьшее число правильных отве-

тов при аускультации (28,2%) наблюдалось при наличии у одного пациента сухих «басовых» и «свистящих» хрипов, последние из которых нивелировались более звучными низкочастотными «басовыми» хрипами.

С учетом полученных результатов, свидетельствующих о неоднозначной трактовке аускультативных феноменов, выявляемых врачами при обследовании пациента, разработана визуализация звукового сигнала с возможностью воспроизведения (рис. 1).

При анализе и сопоставлении звука и изображения выявлены характерные визуальные особенности каждого аускультативного феномена.

В результате визуализированы дыхательные шумы при аускультации здорового человека, установлены частотно-временные характеристики сухих и влажных хрипов при разной бронхолегочной патологии (рис. 2-6). Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, полученными при изучении аускультативных феноменов бронхолегочной системы [1-8, 10, 12]. Так, частотные характеристики большинства дыхательных шумов у здоровых субъектов подразделялись на 3 вида и находились в пределах: низкие частоты – до 100-200 Гц, средние – 200-600 Гц и высокие частоты – более 600 Гц (рис. 2).

При анализе и сопоставлении звука и изображения выявлены характерные визуальные особенности каждого аускультативного феномена.

Отмечено, что диапазон частот трахеального дыхания намного шире и характеризуется частотами от 100 до 5000 Гц. Учет данных особенностей при аускультации может оказаться полезным при дифференциальной диагностике обструкции верхних дыхательных путей, в частности, при значительном стенозе трахеи, синдроме ночного апноэ и др. [9].

Крепитирующие хрипы характеризовались частотой звуковой волны от 100 до 8000 Гц с доминантной частотой 650 Гц, отдельный феномен имел продолжительность 90-250 мс, кратность повторения хрипов при каждом последующем вдохе не имела сходства с предыдущим (рис. 3).

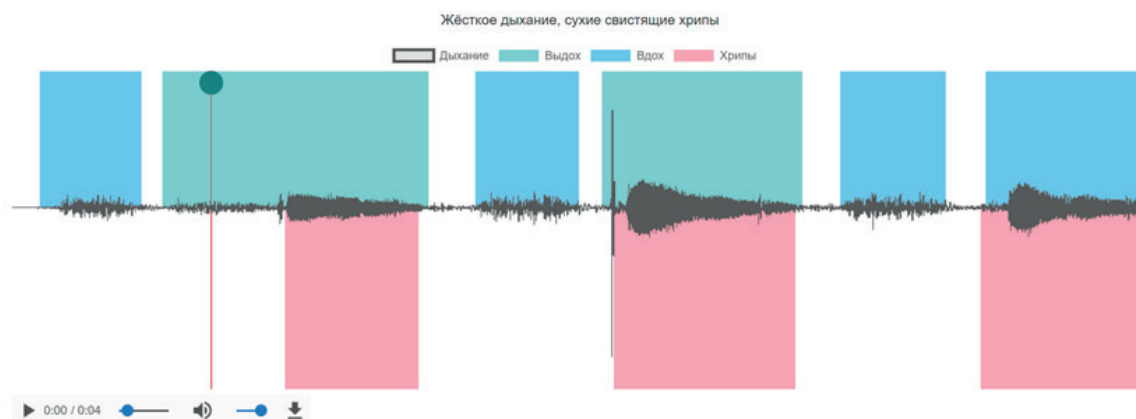


Рисунок 1. – Схема работы со звуком

Figure 1. – Sound Scheme

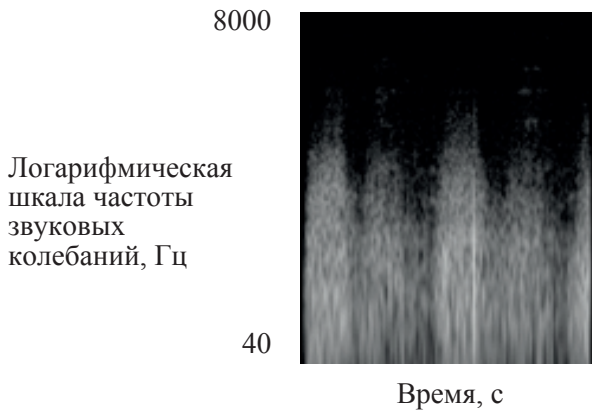


Рисунок 2. – Частотно-временное представление звукового сигнала при аускультации лёгких у здорового человека
Figure 2. – Time-frequency representation of the sound signal in case of lung auscultation in a healthy person

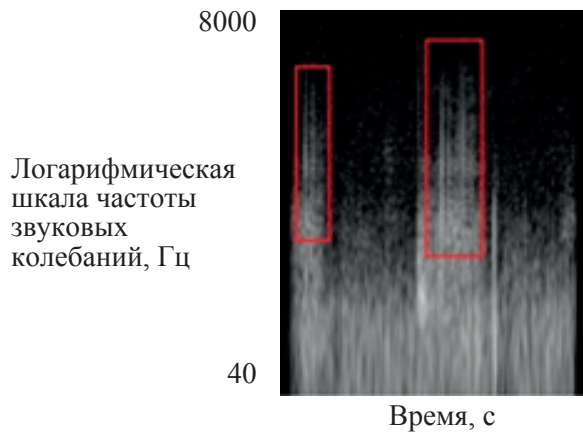


Рисунок 3. – Частотно-временное представление звукового сигнала крепитирующих хрипов
Figure 3. – Time-frequency representation of an audio signal krepitation Rale

Частота крупно-, средне- и мелкопузырчатых хрипов равномерно распределилась в диапазоне 80-6000 Гц с доминантной частотой 350 Гц, продолжительность звучания каждого феномена – до 100 мс, повторяемость была практически идентична (рис. 4).

Сухие «басовые» хрипы характеризовались частотой до 200 Гц, однако большинство волн находились в диапазоне 80-150 Гц, длительность звучания соответствовала всему акту дыхания, но наибольшая интенсивность звука наблюдалась при вдохе (рис. 5).

Особенностью сухих «свистящих» хрипов стали частотные характеристики в широком диапазоне – от 200 до 8000 Гц, чаще наблюдались звуковые волны в диапазонах 250-400 Гц и 2500 Гц, выявление хрипов происходило в основном на выдохе, длительность варьировала в широких пределах – от 1 до 5 с (рис. 6).

Таким образом, полученные объективные физические характеристики аускультативных

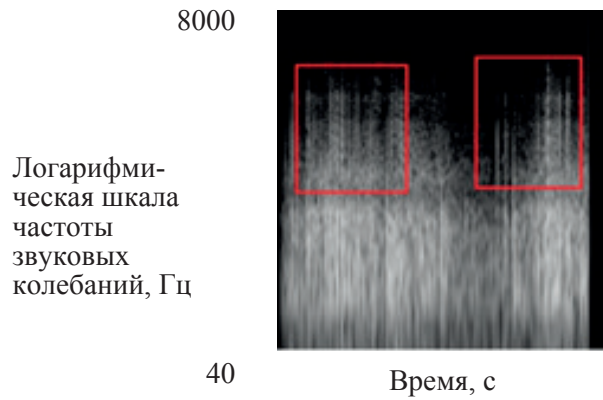


Рисунок 4. – Частотно-временное представление звукового сигнала влажных мелкопузырчатых хрипов
Figure 4. – Time-frequency representation of an audio signal moist Rale

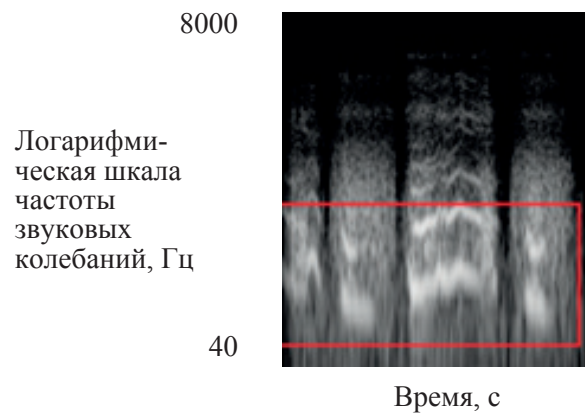


Рисунок 5. – Частотно-временная характеристика сухих «басовых» хрипов
Figure 5. – Frequency-temporal characteristic of dry "bass" wheezing

феноменов бронхолёгочной системы являются дифференциально-диагностическими признаками разных патологических процессов, обладают

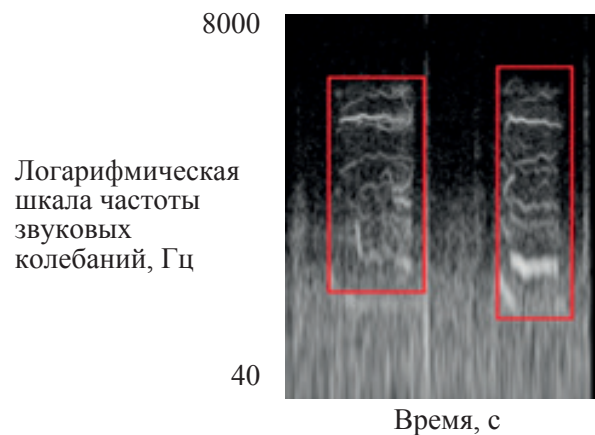


Рисунок 6. – Частотно-временная характеристика сухих «свистящих» хрипов
Figure 6. – Frequency-temporal characteristic of dry "whistling" wheezing

высокой чувствительностью и специфичностью, АС способна самостоятельно анализировать полученные аускультативные данные и строить

алгоритм дальнейшей оценки состояния пациента. Следующим этапом данного исследования будет апробация АС у пациентов с разного рода бронхолегочной патологией, оценка ее эффективности при диагностике острых заболеваний, обострений хронических и при мониторинге.

Выводы

1. Метод автоматической классификации аускультативных феноменов на базе машинного обучения имеет высокие показатели чувствительности и специфичности; применим для раннего обнаружения и мониторинга (в том числе дистанционного) бронхолегочных заболеваний.

2. Визуализация звуковой волны позволяет объективизировать результаты аускультации,

при традиционном обследовании во многом зависящие от субъективных факторов.

3. Высокие показатели Se и Sp результатов использования АС при идентификации крепитирующих хрипов позволят повысить эффективность мероприятий для своевременной диагностики пневмоний на амбулаторном этапе.

4. Автоматическая классификация аускультативных феноменов на базе машинного обучения позволит повысить эффективность диагностики респираторной патологии у пациентов, у которых нежелательно проведение рентгенологического исследования (беременные, дети и др.).

5. Возможность ревизии результатов исследования упростит проведение экспертной оценки процесса обследования пациента.

Литература

1. Абросимов, В. Н. Новые методы акустического анализа дыхательных звуков / В. Н. Абросимов, В. Г. Подолья, С. И. Глотов // 13 Национальный конгресс по болезням органов дыхания, Санкт-Петербург, 10-14 ноября 2003 г. : сборник тезисов / Всероссийское научное общество пульмонологов. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 2.
2. Almeida, A. B. Crackling sound generation during the formation of liquid bridges: A lattice gas model / A. B. Almeida, S. V. Buldyrev, A. M. Alencar // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2013. – Vol. 392, iss. 16. – P. 3409-3416. – doi: 10.1016/j.physa.2013.03.038.
3. Auscultation of the respiratory system / M. Sarkar [et al.] // *Ann. Thorac. Med.* – 2015. – Vol. 10, iss. 3. – P. 158-168. – doi: 10.4103/1817-1737.160831.
4. Bahoura, M. Separation of crackles from vesicular sounds using wavelet packet transform / M. Bahoura, L. Xiaoguang // 2006 IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing : proceedings, Toulouse, France, 14-19 May 2006 / IEEE Signal Processing Society ; Institute of Electrical and Electronics Engineers. – Toulouse, 2006. – Vol. 2 : Image and multidimensional signal processing, signal processing education, bio imaging and signal processing. – P. 1076-1079. – doi: 10.1109/ICASSP.2006.1660533.
5. Ida, J. B. Pediatric stridor / J. B. Ida, D. M. Thompson // *Otolaryngol. Clin. N. Am.* – 2014. – Vol. 47, iss. 5. – P. 795-819. – doi: 10.1016/j.otc.2014.06.005.
6. Аускультация легких – современная номенклатура дыхательных шумов / А. В. Катиллов [и др.] // *Дитячий лікар*. – 2016. – № 5. – С. 5-13.
7. Nagasaka, Y. Lung sounds in bronchial asthma / Y. Nagasaka // *Allergol. Int.* – 2012. – Vol. 61, iss. 3. – P. 353-363. – doi: 10.2332/allergolint.12-RAI-0449.
8. Validation of a new system of tracheal sound analysis for the diagnosis of sleep apnea-hypopnea syndrome / H. Nakano [et al.] // *Sleep*. – 2004. – Vol. 27, iss. 5. – P. 951-957. – doi: 10.1093/sleep/27.5.951.
9. A case of Hamman's Sign: Value of auscultation / P. A. Patel [et al.] // *Cardio Vasc. Syst.* – 2014. – Vol. 2. – P. 4. – doi: 10.7243/2052-4358-2-4.
10. Pelech, A. N. The physiology of cardiac auscultation / A. N. Pelech // *Pediatr. Clin. North Am.* – 2004. – Vol. 51, iss. 6. – P. 1515-1535. – doi: 10.1016/j.pcl.2004.08.004.
11. Интрапульмональная электронная аускультация у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и бронхиальной астмой: первые результаты и перспективы / Ю. В. Петров [и др.] // *МедиАль*. – 2017. – № 1 (19). – С. 37.

12. Analysis of respiratory sounds: State of the art / S. Reichert [et al.] // *Clin. Med. Circ. Respirat. Pulm. Med.* – 2008. – Vol. 2. – P. 45-58. – doi: 10.4137/ccrpm.s530.
13. Anterior crackles: A neglected sign? / M. Sud [et al.] // *Can. J. Cardiol.* – 2013. – Vol. 29, iss. 9. – P. 1138.e1-1138.e2. – doi: 10.1016/j.cjca.2012.11.014. 1138.

References

1. Abrosimov VN, Podoljan VG, Glotov SI. Novye metody akusticheskogo analiza dyhatelnykh zvukov. In: Vserossijskoe nauchnoe obshhestvo pulmonologov. 13 Nacionalnyj kongress po boleznyam organov dyhanija [13th National Congress of Lung Diseases]. Sbornik tezisev; 2003 Nov. 10-14; Sankt-Peterburg. Moskva: Universum Publishing; 2003. p. 2. (Russian)
2. Almeida AB, Buldyrev SV, Alencar AM. Crackling sound generation during the formation of liquid bridges: A lattice gas model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2013;392(16):3409-3416. doi: 10.1016/j.physa.2013.03.038.
3. Sarkar M, Madabhavi I, Niranjana N, Dogra M. Auscultation of the respiratory system. *Ann. Thorac. Med.* 2015;10(3):158-168. doi: 10.4103/1817-1737.160831.
4. Bahoura M, Xiaoguang L. Separation of crackles from vesicular sounds using wavelet packet transform. In: IEEE Signal Processing Society; Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2006 IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing. Proceedings; 2006 May 14-19; Toulouse, France. Toulouse: IEEE; 2006. Vol. 2, Image and multidimensional signal processing, signal processing education, bio imaging and signal processing; p. 1076-1079. doi: 10.1109/ICASSP.2006.1660533.
5. Ida JB, Thompson DM. Pediatric stridor. *Otolaryngol. Clin. N. Am.* 2014;47(5):795-819. doi: 10.1016/j.otc.2014.06.
6. Katilov AV, Zajkov SV, Makarov SJu, Dmitriev DV, Lajko LI. Auskultacija legkih – sovremennaja nomenklatura dyhatelnykh шумов. *Dytjachyj lekar*. 2016;5:2-5. (Russian).
7. Nagasaka Y. Lung sounds in bronchial asthma. *Allergol. Int.* 2012;61(3):353-363. doi: 10.2332/allergolint.12-RAI-0449.
8. Nakano H, Hayashi M, Ohshima E, Nishikata N, Shinohara T. Validation of a new system of tracheal sound analysis for the diagnosis of sleep apnea-hypopnea syndrome. *Sleep*. 2004;27(5):951-957. doi: 10.1093/sleep/27.5.951.
9. Patel PA, Chiu A, Nagurka R, Lamba S. A case of Hamman's Sign: Value of auscultation. *Cardio Vasc. Syst.* 2014;2:4. doi: 10.7243/2052-4358-2-4.
10. Pelech AN. The physiology of cardiac auscultation. *Pediatr. Clin. North Am.* 2004;51(6):1515-1535. doi: 10.1016/j.pcl.2004.08.004.

11. Petrov JuV, Glotov SI, Abrosimov VN, Bugrov SJu. Intrapulmonalnaja jelektronnaja auskultacija u pacientov s hronicheskoj obstruktivnoj boleznju legkih i bronhialnoj astmoj: pervye rezultaty i perspektivy. *MediAl*. 2017;1:37. (Russian).
12. Reichert S, Gass R, Brandt C, Andrès E. Analysis of respiratory sounds: State of the art. *Clin. Med. Circ. Respirat. Pulm. Med*. 2008;2:45-58. doi: 10.4137/ccrpm.s530.
13. Sud M, Barolet A, McDonald M, Floras JS. Anterior crackles: A neglected sign? *Can. J. Cardiol*. 2013;29(9):1138.e1-1138.e2. doi: 10.1016/j.cjca.2012.11.014.

APPLICATION OF THE NEURAL NETWORK TECHNOLOGY FOR DETECTION AND MONITORING OF AUSCULTATIVE PHENOMENA IN DIAGNOSIS AND TREATMENT OF DISEASES OF THE RESPIRATORY SYSTEM

¹Lapteva E. A., ¹Kovalenko I. V., ¹Laptev A. N., ¹Katibnikova E. I., ¹Pozdnyakova A. S.,
¹Korovkin V. S., ¹Kharevich O. N., ²Lapteva I. M., ³Gorenjuk O. L., ³Elzhbur M. S.,
³Ermolenko O. P., ⁴Zhurovitch M. I., ⁴Dulup I. P., ⁵Karankevich A. A., ⁵Zyabko M. N.,
⁵Binetskaya E. A., ⁵Narushevich Yu. Yu., ⁵Dubinetsky V. V.

¹Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus

²Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³Minsk Regional TB Dispensary, village Leskovka, Minsk Region, Belarus

⁴City Clinical Hospital No.6, Minsk, Belarus

⁵Limited Liability Company "Healthy Networks", Minsk, Belarus

Background. Implementation of electronic auscultation in practical medicine seems promising and worthwhile. In the Republic of Belarus this trend is practically not developed.

Goal. To study the effectiveness of using the "Lung Passport" neural networks in respiratory diseases diagnostics and on this basis develop an automatic system for assessing the state of the respiratory system.

Material and methods. To conduct an electronic auscultation the "Lung Passport" hardware-software system based on the machine learning algorithm for classification of the auscultative phenomenon type was used.

Results. The automatic analysis system of sound phenomena has a high sensitivity (80.81%-93.33%) and specificity (83.33%-98.99%) and allows you to objectify auscultative data.

Conclusions. The use of the auscultative phenomena automatic classification method based on machine learning will increase the efficiency of early diagnosis and monitoring of the respiratory pathology.

Keywords: neural networks, auscultation, diseases of the respiratory system.

For citation: Lapteva EA, Kovalenko IV, Laptev AN, Katibnikova EI, Pozdnyakova AS, Korovkin VS, Kharevich ON, Lapteva IM, Gorenjuk OL, Elzhbur MS, Ermolenko OP, Zurovitch MI, Dulup IP, Karankevich AA, Zyabko MN, Binetskaya EA, Narushevich YuYu, Dubinetsky VV. Application of neural network technology for detection and monitoring of auscultative phenomena in diagnosis and treatment of diseases of breathing organs. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2020;18(3):230-235. <http://dx.doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-3-230-235>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Об авторах / About the authors

*Лаптева Елена Анатольевна / Lapteva Elena, e-mail: e.lapteva@tut.by, ORCID: 0000-0003-3990-1693

Коваленко Ирина Всеволодовна / Kovalenko Irina, e-mail: pellet@tut.by

Лаптев Анатолий Николаевич / Laptev Anatoliy, e-mail: LAN@mail.ru

Катибникова Елена Ивановна / Katibnikova Elena, e-mail: 6704167@gmail.com

Позднякова Анастасия Семеновна / Pozdnyakova Anastasia

Коровкин Валентин Сергеевич / Korovkin Valentin

Харевич Ольга Николаевна / Kharevich Olga, e-mail: o_harevich@tut.by

Лаптева Ираида Михайловна / Lapteva Iraida, e-mail: irinalapteva@mail.ru

Горенюк Ольга Леонидовна / Gorenjuk Olga

Эльжбур Мансур Самирович / Elzhbur Mansur

Ермоленко О. П. / Ermolenko O.

Журович Мария Ивановна / Zurovitch Marija

Дулуп Иван Петрович / Dulup Ivan

Каранкевич А. А. / Karankevich A. A., e-mail: aleksey@lungpass.com

Зябко М. Н. / Zyabko M. N., e-mail: maksim@lungpass.com

Бинецкая Е. А. / Binetskaya E. A., e-mail: helena@lungpass.com

Нарушевич Ю. Ю. / Narushevich Yu. Yu., e-mail: julka.narushevich@gmail.com

Дубинецкий В. В. / Dubinetsky V. V., e-mail: vitali.dubinetski@gmail.com

* – автор, ответственный за переписку / corresponding author

Поступила / Received: 10.03.2020

Принята к публикации / Accepted for publication: 15.05.2020