

ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕНТГЕНОГРАММ ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ С ПОДОЗРЕНИЕМ НА ОКРУГЛОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

^{1,2}П. В. Гаврилов*, ¹У. А. Смольникова

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Проанализировать информативность автоматического распознавания образований в легких при цифровой рентгенографии на примере одного из общедоступных диагностических алгоритмов. **Материалы и методы.** Исследование основано на результатах распознавания и анализа цифровых рентгенограмм из тестовых баз посредством программного продукта на основе сверточных нейронных сетей на примере одного из общедоступных диагностических алгоритмов. База данных состояла из анонимизированных цифровых рентгенограмм 240 пациентов, чье здоровье было подтверждено гистологическими данными и результатами компьютерной томографии (КТ), соотношение норма: патология составило 50:50%. **Результаты.** При использовании автоматического распознавания образований в легких на цифровой рентгенографии были показаны хорошие возможности выявления округлых образований в легочной ткани (93% патологических изменений). Результаты распознавания при солидной структуре изменений были выше, чем при субсолидной — 94 и 88% соответственно. Выявлена существенная зависимость возможности выявления образований в легких от их размеров. При наличии очаговых образований до 10 мм, ни в одном из случаев алгоритм не определил их с вероятностью более 50%, и только в 33% случаев вероятность составила 10–50%. Существенно выше показатели при размере образований 10–30 мм (61% солидных образований и 25% субсолидных образований с показателем вероятности более 90%). При размере солидных образований более 30 мм выявлено 100% случаев, при этом в 73% вероятность указана более 90%. Также было выявлено 100% субсолидных образований. **Выводы.** Использование автоматических систем в качестве способа интерпретации рентгенограмм является перспективным направлением, требующим дальнейшего совершенствования и более детального изучения получаемых результатов. Диагностическая эффективность данных алгоритмов приближается к аналогичным показателям врачей-рентгенологов. В настоящее время результаты, получаемые при использовании алгоритма как программного продукта, направленного на выявление округлых образований в легких, не могут использоваться как достоверный диагностический метод, но могут быть рассмотрены в качестве вспомогательного «второго чтения» для врача-рентгенолога.

Ключевые слова: рентгенография легких, округлые образования, скрининг, искусственный интеллект, сверточные нейронные сети

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гаврилов П.В., Смольникова У.А. Возможности автоматических систем в интерпретации рентгенограмм легких у пациентов с подозрением на округлое образование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т. 6, № 1. С. 46–51, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-1-46-51>.

Контакт: Гаврилов Павел Владимирович, spbniifrentgen@mail.ru

© Gavrilov P.V., Smolnikova U.A., 2020

POSSIBILITIES OF AUTOMATIC SYSTEMS IN INTERPRETATION OF LUNG X-RAYS IN PATIENTS WITH SUSPICION FOR ROUND FORMATIONS

^{1,2}Pavel V. Gavrilov*, ¹Uliana A. Smolnikova

¹St. Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

To analyze the information content of automatic recognition of formations in lungs at digital radiography on the example of one of the commonly available diagnostic algorithms. **Materials and methods.** This study is based on the results of recognition and analysis of digital radiographs from test bases by software product, based on convolutional neural networks on the example of one of the generally available diagnostic algorithms. The database consisted of anonymized digital radiographs of 240 patients whose health condition was confirmed by histological data and computed tomography (CT) results, the ratio between normal and pathology was 50:50%. **Results.** At application of automatic recognition of formations in the lungs on digital radiographs, good possibilities were revealed for detecting rounded formations in the lung tissue (93% of pathological changes). Recognition results with a solid structure of formations were higher than with a subsolid — 94% and 88%, respectively. A significant dependence of the possibility of detecting formations in the lungs on their size was revealed. For the focal

lesions smaller than 10 mm in none of the cases the algorithm determined them with a probability of more than 50%, and only in 33% of cases the probability was 10–50%. Indicators are significantly higher at the size of formations from 10 to 305 mm (61% of solid formations and 25% of subsolid formations with a probability indicator more than 90%). When the size of solid formations is more than 30 mm, all the 100% of cases are revealed, while in 73% the probability is indicated more than 90%. There was also identified 100% of the subsolid formations. Conclusion. The application of automated systems as a method of interpretation of radiographs is a promising direction, requiring further improvement and more detailed study of the results obtained. The diagnostic effectiveness of these algorithms is close to effectiveness of radiologists. Currently, the results obtained by the algorithm as a software product for identifying of rounded formations in the lungs cannot be used as a reliable diagnostic method, but it might be considered as an auxiliary «second reading» for the radiologist.

Key words: X-ray of the lungs, lung formations, screening, artificial intelligence, convolutional neural networks

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Gavrilov P.V., Smolnikova U.A. Possibilities of automatic systems in interpretation of lung X-rays in patients with suspicion for round formations // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020. Vol. 6, No. 1. P. 46–51, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-1-46-51>.

Contact: Gavrilov Pavel Vladimirovich, spbnifrentgen@mail.ru

Введение. Рентгенологические исследования органов грудной клетки занимают существенный объем (около 24%, или более 76 млн исследований) в структуре всех лучевых исследований в Российской Федерации [1].

В настоящее время основным методом активного выявления скрыто протекающих патологических процессов в легких являются проверочные флюорографические исследования [2–5].

В настоящее время, согласно Приказу Минздрава РФ от 21.03.2017 № 124н «Об утверждении порядка и сроков проведения профилактических медицинских осмотров граждан в целях выявления туберкулеза», флюорография легких или рентгенография органов грудной клетки выполняется взрослому населению с 18 лет не менее чем один раз в год при показателе общей заболеваемости туберкулезом в субъекте Российской Федерации 40 и более на 100 тыс. населения и не менее чем 1 раз в два года при показателе общей заболеваемости туберкулезом в субъекте Российской Федерации менее 40 на 100 тыс. населения. Также согласно этому приказу детям в возрасте от 15 до 17 лет (включительно) проводится иммунодиагностика с применением аллерегена туберкулезного рекомбинантного в стандартном разведении или рентгенологическое флюорографическое исследование органов грудной клетки (легких).

По данным многих авторов, существенной проблемой в выявлении патологических изменений при флюорографии легких или рентгенографии органов грудной клетки является сложность трактовки суммационных изображений и высокие требования к квалификации врачей-рентгенологов [6, 7].

Так, по данным исследования, проведенного К. Накатига и соавт., наиболее значимым фактором, влияющим на качество интерпретации рентгенологических данных при анализе рентгенограмм грудной клетки, является наличие опыта работы более 10 лет с возможностью ежегодного анализа более 20 тыс. рентгенограмм [8].

В настоящее время широко тестируются алгоритмы и программное обеспечение, позволяющие про-

водить автоматический анализ рентгенологических данных. Применение таких алгоритмов предполагает более эффективное обнаружение патологических изменений [9–11, 18].

Цель исследования: проанализировать информативность автоматического распознавания образований в легких при цифровой рентгенографии на примере одного из общедоступных диагностических алгоритмов.

Материалы и методы. Данное исследование основано на результатах распознавания и анализа цифровых рентгенограмм из тестовых баз посредством программного продукта на основе сверточных нейронных сетей на примере одного из общедоступных диагностических алгоритмов. База данных состояла из анонимизированных цифровых рентгенограмм 240 пациентов, состояние здоровья которых было подтверждено гистологическими данными и результатами компьютерной томографии (КТ), соотношение норма : патология — 50:50%. В качестве патологических изменений использовались анонимизированные цифровые рентгенограммы 120 человек с синдромом округлого образования в легочной ткани (Dataset1).

Во вторую тестовую базу (Dataset2) было включено 120 цифровых рентгенограмм без патологических изменений в легочной ткани. У всех 120 пациентов кроме цифровой рентгенограммы было выполнено КТ органов грудной клетки, которое подтвердило отсутствие округлых образований в легочной ткани.

По нозологическим диагнозам патологические изменения в легких из тестовой базы Dataset1 распределены следующим образом (табл. 1).

Наиболее часто встречались такие патологические состояния как немелкоклеточный рак легкого — 54 случая, туберкулез легких — 46 случаев, гамартохондрома — 14 случаев. За исключением 3 случаев, все патологические образования были подтверждены гистологическим исследованием. С помощью бактериологического метода был подтвержден туберкулез и микобактериоз легких. У пациента с артериовенозной мальформацией диагноз был подтвержден клинико-рентгенологическим методом.

Таблица 1

Распределение патологических образований в легких по нозологическим формам

Table 1

Distribution of pathological formations in the lungs by nosological forms

Нозологические формы	Количество	Гистологический метод	Клинико-рентгено-логический метод	Бактериологический метод
Туберкулез легких, %	38	98	0	2
Рак легких, %	45	100	0	0
Доброкачественные образования легких, %	13	100	0	0
Другое, %	4	60	20	20
Всего, %	120	98	1	2

По плотностным характеристикам патологические образования на основании данных параллельно выполненных компьютерных томографий органов грудной клетки были разделены на 3 типа: солидные, субсолидные и по типу «матового стекла» [12].

Подавляющее большинство округлых образований в легочной ткани имело солидную структуру — 93% цифровых рентгенограмм, из которых большую часть составили очаговые образования размерами 10–30 мм (табл. 2). Ввиду крайне низкого количества цифровых рентгенограмм с образованиями по типу «матового стекла», данная категория не была использована при дальнейшей статистической обработке полученных данных.

случаи с указанием на возможные округлые образования в области корней легких и за тенью сердца ввиду эффекта суммации и субтракции теней.

Результаты и их обсуждение. Полученные при помощи диагностического алгоритма изображения с тепловыми картами и процентной вероятностью наличия патологического образования были классифицированы на несколько категорий в зависимости от вероятности наличия патологического образования в легочной ткани (табл. 3).

По результатам анализа показателей выявления периферических образований в легочной ткани на цифровых рентгенограммах посредством диагностического алгоритма, как рентгенограммы с нали-

Таблица 2

Распределение патологических образований в легких по типу и размерам

Table 2

Distribution of pathological formations in the lungs by type and size

Размер образования	Солидный тип	Субсолидный тип	По типу «матового стекла»	Всего
До 10 мм	4	1	0	5
10–30 мм	76	4	1	81
Более 30 мм	31	3	0	34
Всего	4	1	0	120

Проводилась оценка показателей диагностической эффективности при выявлении округлых образований в легких на цифровых рентгенограммах в передней прямой проекции посредством одного из алгоритмов медицинской визуализации на основе системы искусственного интеллекта, находящегося в свободном доступе. Диагностический алгоритм, используя файловый уровень стандарта DICOM, представляет результаты оценки загруженного изображения в виде тепловой карты с указанием локализации патологических изменений, если таковые имеются, и вероятностью их наличия в процентном соотношении. При анализе результатов интерпретации рентгенограмм диагностическим алгоритмом из Dataset2, в категорию ложноположительных результатов включались полученные изображения с локализацией патологических изменений в обоих легочных полях с вероятностью наличия патологии более 10%, исключая

таковых изменений было идентифицировано 112 снимков, что составило 93% от общего количества рентгенограмм из тестовой базы с подтвержденными гистологическими и КТ-данными патологическими изменениями в легочной ткани. При этом с вероятностью наличия патологии в легочной ткани более 90% было интерпретировано 62% рентгенограмм, и в 83% случаев наличие патологии было указано с вероятностью более 50%.

Среди рентгенограмм с вероятностью наличия патологии в легочной ткани более 90%, вне зависимости от характера типа плотности патологических изменений, значение показателя выявляемости было наибольшим и составило 63% у солидных и 57% у субсолидных образований. С вероятностью наличия патологии 50–90% несколько чаще трактовались цифровые рентгенограммы с наличием патологии в виде солидных структур — в 22% случа-

Таблица 3

Выявление патологических образований в легких у пациентов с имеющейся патологией (Dataset1)

Identification of pathological formations in the lungs in patients with existing pathology (Dataset1)			
Вероятность наличия патологического образования	Всего	Образования солидного типа	Образования субсолидного типа
Более 90%, абс. (%)	69 (62)	65 (63)	4 (57)
50–90%, абс. (%)	24 (21)	23 (22)	1 (14)
10–50%, абс. (%)	11 (10)	9 (9)	1 (14)
Менее 10%, абс. (%)	8 (7)	7 (7)	1 (14)
Всего выявлено, абс. (%)	112 (93)	104 (94)	7 (88)

ев, нежели снимки с образованиями субсолидной структуры, которые, в свою очередь, на 14% чаще трактовались с вероятностью наличия округлых образований в легочной ткани менее 50%.

Также на 8 (7%) цифровых рентгенограммах с вероятностью 10–50% была неправильно указана локализация имеющегося округлого образования. Большой процент неверной интерпретации был получен при анализе цифровых рентгенограмм с образованиями субсолидной структуры и составил 13%, при этом в 75% всех случаев с ошибочной локализацией патологии размеры образований составляли 10–30 мм.

Дополнительно в 15% случаев на цифровых рентгенограммах из Dataset1 были отмечены дополнительные участки патологических изменений, без существенной зависимости от типа плотности образования.

На 8 цифровых рентгенограммах показатель вероятности наличия патологических изменений имел значение менее 10%, что составило 7% от общего количества снимков из Dataset1, при этом 63% образований имели размеры от 10 до 30 мм.

ра. Как видно на рис. 1, наибольшее количество проанализированных снимков с указанием вероятности наличия патологии более 90% было в категории с образованиями размером более 30 мм и составило 73%, и несколько меньше среди солидных образований размерами 10–30 мм — 61%. На большей части цифровых рентгенограмм с солидными округлыми образованиями менее 10 мм была указана вероятность патологии менее 10%, что составило 67% случаев, в остальной части данной категории случаев показатель вероятности патологии колебался от 10 до 50%.

При анализе выявляемости субсолидных округлых образований на цифровых рентгенограммах в зависимости от их размера, для всех субсолидных образований размерами более 30 мм показатель вероятности наличия патологии был более 90% (рис. 2). При этом в случае интерпретации рентгенограмм с субсолидными образованиями меньших размеров — от 10 до 30 мм, вероятность наличия патологических изменений более 90% была лишь в 25% случаев.

Среди цифровых рентгенограмм из тестовой базы Dataset2, проанализированных программным про-

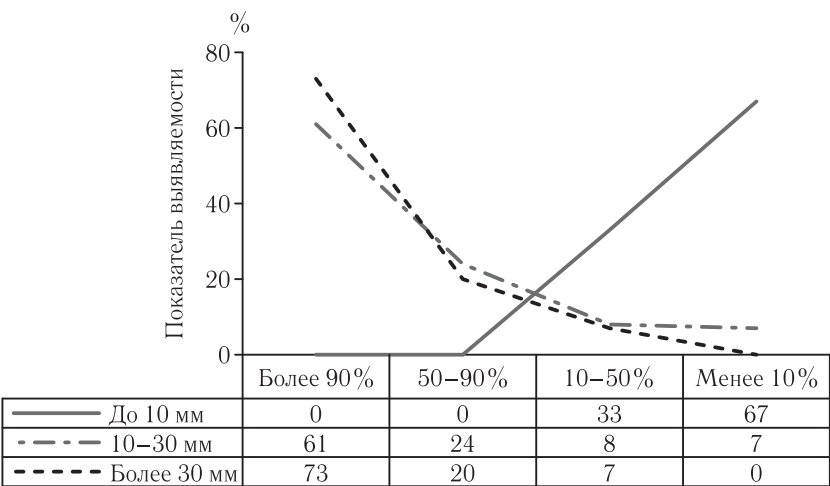


Рис. 1. Зависимость выявления образований солидного типа от их размеров

Fig. 1. Dependence of identifying a solid formations such as their size

Также был проведен анализ возможности выявления солидных округлых образований на цифровых рентгенограммах в зависимости от их разме-

дунком, в 71% случаев было подтверждено отсутствие патологических изменений в легочной ткани (рис. 3). При этом на 28% цифровых рентгенограмм

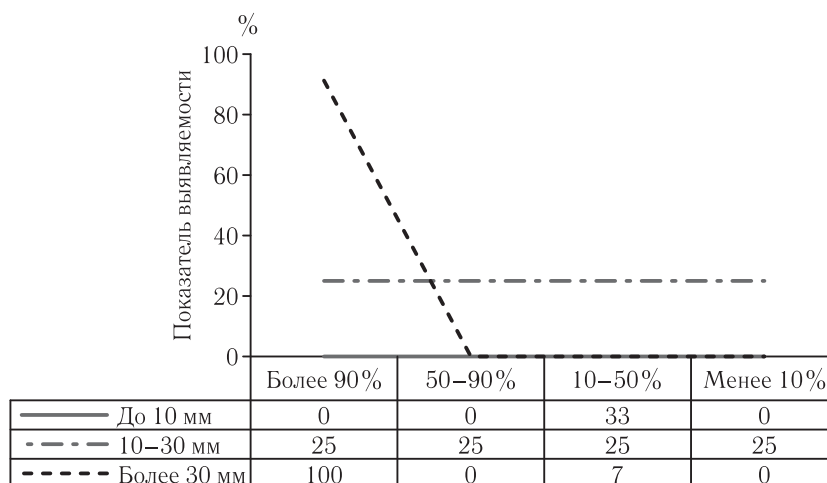


Рис. 2. Зависимость выявления образований субсолидного типа от их размеров
Fig. 2. Dependence of detection of subsolidated formations on their size

была указана вероятность наличия патологии более 10%, что трактовалось как случаи гипердиагностики. Подавляющее большинство случаев с ложноположительными результатами имели показатель вероятно-

50%. Существенно выше показатели при размере образований от 10 до 30 мм (61 % солидных образований и 25% субсолидных образований с вероятностью наличия патологии более 90%). При раз-

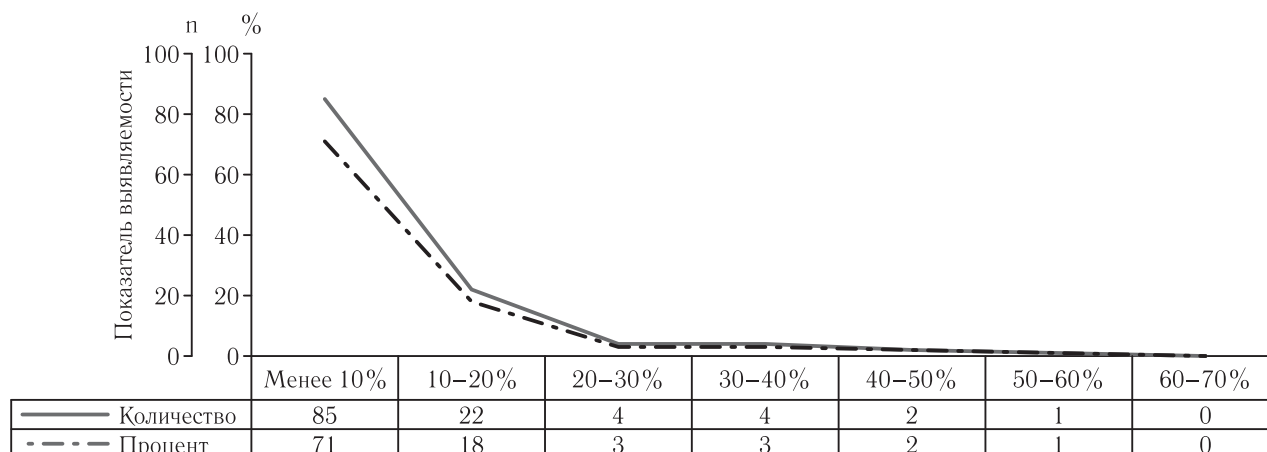


Рис. 3. Выявление патологических изменений в легких у пациентов с цифровыми рентгенограммами без патологических изменений
Fig. 3. Identification of pathological changes in the lungs in patients with digital radiographs without pathological changes

сти наличия патологических изменений 10–20% и составили 67% от общего числа ошибочных результатов. В 24% случаев гипердиагностики вероятность наличия патологии была оценена в 20–40%.

Таким образом, при использовании автоматического распознавания образований в легких при цифровой рентгенографии были показаны хорошие возможности выявления округлых образований в легочной ткани (93% патологических изменений). Результаты распознавания при солидном типе очага были выше, чем при субсолидной его структуре (94 и 88% соответственно). Выявлена существенная зависимость возможности выявления образований в легочной ткани от их размеров. При наличии очаговых образований до 10 мм ни в одном случае алгоритм не определил их с вероятностью более 50%, и только в 33% выделил их с вероятностью 10–

мере солидных образований более 30 мм — выявлено 100% случаев, при этом в 73% — вероятность указана более 90%. Также в 100% были выявлены субсолидные образования размерами более 30 мм с вероятностью патологии более 90%.

Полученные нами данные коррелируют с результатами выявления очаговых образований в легких врачами-рентгенологами. В исследованиях многих авторов, целью которых было оценить возможности выявления очагов и образований в легких при анализе цифровых рентгенограмм врачами-рентгенологами, работающими в различных медицинских учреждениях, среднее значение пропуска патологии составляло 24–43% случаев, а среднее значение частоты гипердиагностики — 19,5–26,7% [6, 8, 13, 14, 15].

В исследовании S. Sone и соавт. показано, что в ходе анализа очаговых образований врачами-рент-

генологами при размере очагов до 10 мм ошибка достигает 50% случаев, при этом отмечено не выявление образований с размером более 30 мм. В работе J. T. Dobbins и соавт. врачами-рентгенологами выявлялось только 20% очагов размерами до 10 мм и 53% очагов размерами от 10 до 30 мм [16, 17].

Аналогичные данные получены и в нашем исследовании, посвященном возможности выявления очаговых образований в легких врачами-рентгенологами [6].

Ограничения исследования: не проводился экономический анализ; в выборку не включены случаи иной патологии легких (диссеминированные процессы, патология корней легких, средостения и др.); не проводился анализ эффективности в определении нозологии процесса.

Заключение. Таким образом, использование автоматических систем в качестве способа интерпретации рентгенограмм является перспективным направлением, которое требует дальнейшего совершенствования и более детального изучения получаемых результатов анализа цифровых рентгенограмм диагностическими алгоритмами. Диагностическая эффективность данных алгоритмов приближается к аналогичным показателям врачей-рентгенологов. В настоящее время результаты, получаемые при использовании алгоритма в качестве программного продукта, направленного на выявление округлых образований в легких, не могут быть использованы как достоверный диагностический метод, но могут быть рассмотрены в качестве вспомогательного «второго чтения» для врача-рентгенолога.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Тюрин И.Е. Лучевая диагностика в российской федерации в 2016 г. // Вестник рентгенологии и радиологии. 2017. Т. 98, № 4. С. 219–226. [Tyurin I.E. Radiological diagnostics in the Russian Federation in 2016. *Herald of radiology and radiology*, 2017, Vol. 98, No. 4, pp. 219–226 (In Russ.).]
2. Лучкевич В.С., Хасанова Е.А. Тенденции эпидемиологической ситуации по туберкулезу в России на современном этапе (обзор) // Медицинский альянс. 2016. № 3. С. 20–23 [Luchkevich V.S., Hasanova E.A. The trends of the epidemiological situation of tuberculosis in Russia at the present stage (review). *Medical Alliance*, 2016, No. 3, pp. 20–23 (In Russ.).]
3. Фтизиатрия. Национальные клинические рекомендации / под ред. П. К. Яблонского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 240 с. [Phthisiatry. National clinical guidelines / ed. P. K. Yablonsky. Moscow: GEOTAR-Media, 2015, 240 p. (In Russ.).]
4. Яблонский П.К., Васильева И.А., Эргешов А.Э. Клинические рекомендации по диагностике и лечению туберкулеза органов дыхания у взрослых. М., 2013. [Yablonskiy P.K., Vasil'eva I.A., Ergeshov A.E. *Clinical recommendations for the diagnosis and treatment of respiratory tuberculosis in adults*. Moscow, 2013 (In Russ.).]
5. Корецкая Н.М., Наркевич А.Н. Впервые выявленный туберкулез лёгких у лиц, соблюдающих и нарушающих регламентированные сроки флюорообследования в эпидемически неблагоприятном регионе // Туберкулез и болезни легких. 2013. Т. 90, № 9. С. 21–24. [Koreckaya N.M., Narkevich A.N. Newly diagnosed pulmonary tuberculosis in individuals who comply with and violate the prescribed timeframe for fluorosurveys in an epidemically unfavorable region. *Tuberculosis and lung diseases*, 2013, Vol. 90, No. 9, pp. 21–24 (In Russ.).]
6. Гаврилов П.В., Ушков А.Д., Смольникова У.А. Выявление округлых образований в легких при цифровой рентгенографии: роль опыта работы врача-рентгенолога // Медицинский альянс. 2019. № 2. С. 51–56. [Gavrilov P., Ushkov A., Smol'nikova U. Detection of lumps in the lungs with digital X-ray: the role of the work experience of the radiologist. *Medical Alliance*, 2019, No. 2, pp. 51–56 (In Russ.).]
7. Yerushalmy J. et al. The role of dual reading in mass radiography // *American Review of Tuberculosis*. 1950. Vol. 61. P. 443–464.
8. Nakamura K. et al. Studies on the diagnostic value of 70 mm radiophotograms by mirror camera and the reading ability of physicians // *Kekkaku*. 1970. Vol. 45. P. 121–128.
9. Морозов С.П., Владимирский А.В., Ледихова Н.В., Соколова И.А., Кульберг Н.С., Гомболевский В.А. Оценка диагностической точности системы скрининга туберкулеза легких на основе искусственного интеллекта // Туберкулез и болезни легких. 2018. Т. 95, № 8. С. 42–49. [Morozov S.P., Vladimirskiy A.V., Ledihova N.V., Sokolina I.A., Kul'berg N.S., Gombolevskiy V.A. Evaluation of the diagnostic accuracy of the screening system of pulmonary tuberculosis based on artificial intelligence. *Tuberculosis and lung diseases*, 2018, Vol. 95, No. 8, pp. 42–49 (In Russ.).]
10. Lakhani P. et al. Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by Using Convolutional Neural Networks // *Radiology*. 2017. Vol. 284, Iss. 2. P. 574–582.
11. Jaeger S. et al. Automatic Tuberculosis Screening Using Chest Radiographs // *IEEE transactions on medical imaging*. 2014. Vol. 33, Iss. 2. P. 233–245.
12. Гаврилов П.В., Баулин И.А., Лукина О.В. Стандартизованная интерпретация и контроль выявленных одиночных образований в легких по системе Lung Imaging Reporting and Data System (Lung-RADS™) // Медицинский альянс. 2017. № 3. С. 17–27. [Gavrilov P.V., Baulin I.A., Lukina O.V. Standardized interpretation and control of identified single lung formations using the Lung Imaging Reporting and Data System (Lung-RADS™). *Medical Alliance*, 2017, No. 3, pp. 17–27 (In Russ.)]
13. Garland L.H. On the reliability of roentgen survey procedures // *American Journal of Rentgenology and Radium Therapeutic Nuclear Medicine*. 1950. Vol. 64. P. 32–41.
14. Garland L.H. Studies on the accuracy of diagnostic procedures // *American Journal of Rentgenology and Radium Therapeutic Nuclear Medicine*. 1959. Vol. 82. P. 25–38.
15. Newell R.R. Chamberlain W.E. Rigler L. Descriptive classification of pulmonary shadows: a revelation of unreliability in the roentenographic diagnosis of tuberculosis // *American Review of Tuberculosis*. 1954. Vol. 69. P. 566–584.
16. Sone S. et al. Characteristics of small lung cancers invisible on conventional chest radiography and detected by population based screening using spiral CT // *The British journal of radiology*. 2000. Vol. 73. No. 866. P. 137–145.
17. Dobbins J.T. et al. Digital tomosynthesis of the chest for lung nodule detection: Interim sensitivity results from an ongoing NIH-sponsored trial // *Medical physics*. 2008. Vol. 35. No. 6. Part 1. P. 2554–2557.
18. Мелдо А.А., Уткин Л.В., Трофимова Т.Н., Рябинин М.А., Моисеенко В.М., Шелехова К.В. Новые подходы к разработке алгоритмов искусственного интеллекта в диагностике рака легкого // Лучевая диагностика и терапия. 2019. Т. 10, № 1. С. 8–18. [Meldo A.A., Utkin L.V., Trofimova T.N., Ryabinin M.A., Moiseenko V.M., Shelekhova K.V. Novel approaches to development of artificial intelligence algorithms in the lung cancer diagnostics // *Diagnostic radiology and radiotherapy* 2019. Vol. 10. No. 1. pp. 8–18 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-8-18>.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 19.02.2020 г.

Сведения об авторах:

Гаврилов Павел Владимирович — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления «Лучевая диагностика» федерального государственного бюджетного учреждения «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии», доцент научно-клинического и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» Института высоких медицинских технологий федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; e-mail: sbniiifrentgen@mail.ru ORCID: 0000–0003–3251–4084;

Смольникова Ульяна Алексеевна — аспирант федерального государственного бюджетного учреждения «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2–4; e-mail: ulamoni-ka@mail.ru; ORCID: 0000–0001–9568–3577.