РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ
Editorial article

Разное
УДК 57.087.3
DOI: 10.14489/lcmp.2024.02.pp.010-016

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ МОРФОЛОГИИ СПЕРМАТОЗОИДОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ АНАЛИЗА СПЕРМЫ VISION SPERM

Е. И. Казначеева[1], Д. Ю. Соснин[2], А. Ю. Петухова[3], В. А. Сапожков[3], А. С. Чурилова[4], Г. А. Катаев[4]

[1]ООО «ИНВИТРО», Москва, Россия, ekaznacheeva@invitro.ru
[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Россия, sosnin_dm@mail.ru
[3]ООО «Медика Продакт», Москва, Россия, a.petukhova@westmedica.com, v.sapozhkov@westmedica.com
[4]ООО «Медика Продакт», Пермь, Россия, a.churilova@westmedica.com, g.kataev@westmedica.com

Анализ морфологии сперматозоидов (n = 100) выполнялся с помощью системы автоматического анализа спермы Vision Sperm. Для оценки точности распознавания морфологии сперматозоидов применялись следующие характеристики: диагностическая чувствительность (ДЧ), диагностическая специфичность (ДС) и диагностическая эффективность (ДЭ). Система в автоматическом режиме сканировала препараты, находила и выполняла предварительную сортировку (преклассификацию) сперматозоидов по четырем категориям дефектов морфологии: «Голова», «Шея», «Жгутик», «Чрезмерная резидуальная цитоплазма (excess residual cytoplasm, ERC)». Врачебная валидация и формирование отчета по результатам анализа проводились одновременно со сканированием новых проб спермы. Среднее время исследования одного стеклопрепарата составило 3 мин 43 сек. Установлена высокая эффективность распознавания сперматозоидов системой Vision Sperm. Использование системы анализа Vision Sperm автоматизировало и стандартизировало оценку морфологии сперматозоидов, увеличило эффективность работы клинико-диагностической лаборатории.

Ключевые слова: автоматизация микроскопии, Vision Sperm, сканирующая система, клиническая лабораторная диагностика, морфология сперматозоидов, компьютерный анализ спермы, CASA, спермограмма.

Для цитирования: Казначеева Е. И., Соснин Д. Ю., Петухова А. Ю., Сапожков В. А., Чурилова А. С., Катаев Г. А. Оценка точности распознавания морфологии сперматозоидов автоматической системой анализа спермы VISION SPERM // Лабораторная и клиническая медицина. Фармация. 2024. Т. 4, № 2. С. 10 – 16. DOI: 10.14489/lcmp.2024.02.pp.010-016

Varia

EVALUATION OF DETECTION ACCURACY OF SPERM MORPHOLOGY BY AUTOMATIC SPERM ANALYSIS SYSTEM VISION SPERM

E. I. Kaznacheeva[1], D. Y. Sosnin[2], A. Yu. Petukhova[3], V. A. Sapozhkov[3], A. S. Churilova[4], G. A. Kataev[4]

[1]LLC ‘INVITRO’, Moscow, Russia, ekaznacheeva@invitro.ru
[2]E. A. Vagner Perm State Medical University, Ministry of Health of Russian Federation, Perm, Russia, sosnin_dm@mail.ru
[3]LLC ‘Medica Product’, Moscow, Russia, a.petukhova@westmedica.com, v.sapozhkov@westmedica.com
[4]LLC ‘Medica Product’, Perm, Russia, a.churilova@westmedica.com, g.kataev@westmedica.com

The analysis of sperm morphology (n = 100) was performed using Vision Sperm automatic sperm analysis system. Evaluation of detection accuracy of sperm morphology was carried out using the following operational criteria that system calculated automatically: diagnostic sensitivity (DSe), diagnostic specificity (DSp) and diagnostic efficiency (DE).

The system automatically scanned the slides, identified and performed preliminary sorting (pre-classification) of spermatozoa into four categories of morphological defects: ‘Head’, ‘Neck’, ‘Tail’ and ‘ERC’.
Medical validation and generation of report on results of the analysis were carried out simultaneously with scanning of new sperm samples. The average examination time of one glass slide was 3 min 43 sec. The high efficiency of sperm recognition by the Vision Sperm system has been established. Application of Vision Sperm analysis system ensured automation and standardization of assessment a sperm morphology and improved a performance in clinical laboratory.

Keywords: microscopy automation, Vision Sperm, scanning system, clinical laboratory diagnostics, sperm morphology, Computer-assisted sperm analysis, CASA, basic semen examination.

For citation: Kaznacheeva EI, Sosnin DY, Petukhova AYu, Sapozhkov VA, Churilova AS, Kataev GA. Evaluation of detection accuracy of sperm morphology by automatic sperm analysis system VISION SPERM. *Laboratory and Clinical Medicine. Pharmacy.* 2024;4(2):10-16. (In Russ). DOI: 10.14489/lcmp.2024.02.pp.010-016

Актуальность

Тенденция к увеличению мужского бесплодия и проблем с зачатием приводит к повышению спроса на лабораторные исследования репродуктивного здоровья, в частности с оценкой состояния половых клеток мужчины. Исследования эякулята необходимы для определения фертильной способности мужчин, выявления заболеваний и патологических процессов половой системы. Одним из наиболее важных критериев в определении фертильности является оценка морфологии сперматозоидов [1,2]. Несмотря на стандартизацию анализа Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), главный источник ошибок – субъективная оценка параметров эякулята, что приводит к значительной вариабельности результатов. Использование компьютерных программ позволяет стандартизовать и повысить точность анализа [3,4].

Цель. Провести оценку качества распознавания морфологии сперматозоидов системой автоматического анализа спермы Vision Sperm.

Материалы и методы. Для оценки качества распознавания морфологии сперматозоидов использовались 100 образцов спермы, исследования которых выполнялись в медицинской лаборатории Инвитро (г. Москва). Время от сдачи биоматериала и проведения анализа не превышало трех часов. Приготовление мазков выполнялось с предварительным проведением процедуры отмывания образцов спермы. Перед окрашиванием препаратов производилась оценка мазков в фазово-контрастном свете на предмет равномерного распределения сперматозоидов. Для более точной оценки морфологии препараты готовились согласно процедуре окрашивания по Романовскому–Гимзе с предварительной фиксацией мазков.

Анализ сперматозоидов производился в соответствии с руководством ВОЗ по исследованию и обработке эякулята 5 издание (2010 г) при помощи автоматической сканирующей системы Vision Assist (“West Medica”, Австрия) в светлопольном варианте освещения на увеличении 1000× (рис. 1).

Система анализирует морфологию каждого идентифицированного сперматозоида и определяет его как нормальный или патологический. Сортировка (преклассификация) патологических сперматозоидов возможна в стандартном режиме и режиме подсчета сочетанных дефектов. В стандартном режиме система относит каждый патологический сперматозоид к одной или нескольким категориям дефектов: «Голова», «Шея», «Жгутик», «ERC». В режиме подсчета сочетанных дефектов – сперматозоид с несколькими дефектами относится в отдельную категорию «Сочетанные». Для проведения исследования использовался стандартный режим классификации. Системой автоматически рассчитывались индексы тератозооспермии и деформированности сперматозоидов.

Алгоритм работы. Специалист клинико-диагностической лаборатории (КДЛ) устанавливал предметное стекло на стол микроскопа и указывал в настройках сканера количество сперматозоидов, которые необходимо собрать. Система сохраняла кадры полей зрения, на которых автоматически идентифицировала сперматозоиды и производила анализ морфологии с предварительной сортировкой (преклассификацией) по четырем категориям дефектов: «Голова», «Шея», «Жгутик», «ERC» (рис. 2). Далее врач КДЛ проводил валидацию полученных результатов.

Для оценки точности распознавания морфологии сперматозоидов системой автоматического анализа использовались следующие характеристики теста [5]:

– ДЧ, представляющая собой ценность положительного результата и характеризующая процент правильно распознанных клеток какой-либо группы среди всех клеток, отнесенных к этой группе; вычисляется по формуле: ДЧ = A/(A + C).

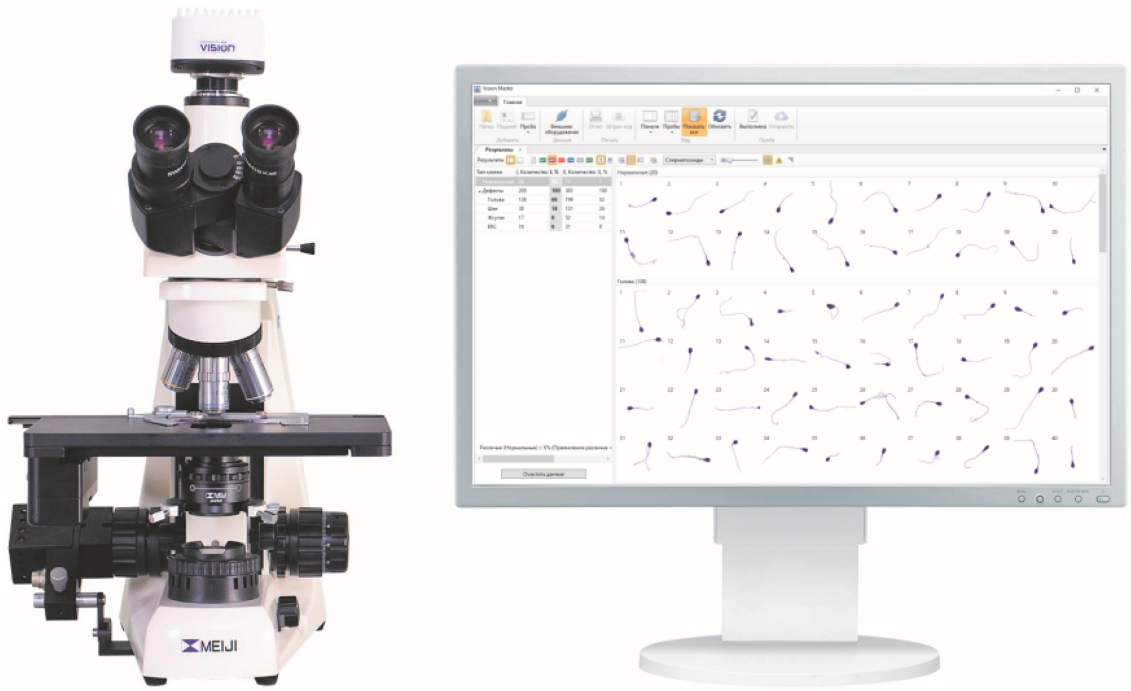


Рис. 1. Система автоматического анализа спермы Vision Sperm
Fig. 1. Automated system for sperm analysis Vision Sperm

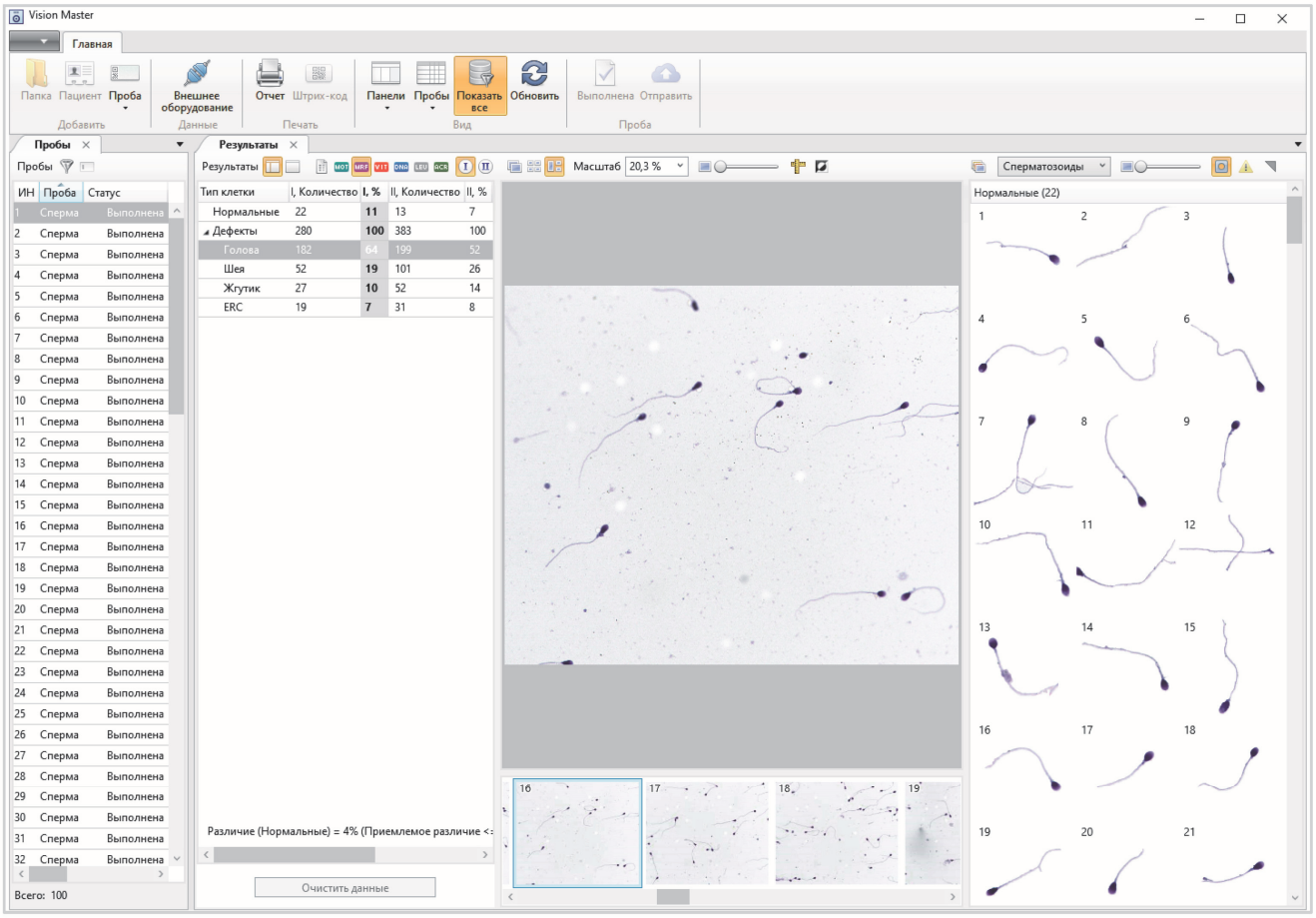


Рис. 2. Оценка морфологии сперматозоидов в Vision Sperm
Fig. 2. Sperm morphology assessment with Vision Sperm automated system

– ДС, представляющая собой ценность отрицательного результата и характеризующая процент правильно распознанных клеток, не относящихся к определенной группе (например, к сперматозоидам с дефектами головы) и не отнесенных к ней; вычисляется по формуле: ДС = D/(B + D).

– ДЭ, представляющая собой долю истинных результатов среди всех результатов; вычисляется по формуле: ДЭ = (A + D)/(A + B + C + D).

Первично определенная популяция до валидации: A + B, где

– A – правильно определенные клетки (истинно-правильные клетки); они не перемещаются в другие группы клеток;

– B – неправильно определенные клетки (ложно-правильные клетки); они перемещаются в другие группы клеток.

Остававшиеся клетки, которые система распознала как какие-то другие до валидации: C + D, где

– C – не распознанные правильно клетки и попавшие в другие группы клеток (ложно-неправильные клетки); они перемещаются из других групп в правильную группу;

– D – все другие клетки, которые не являются неправильно определенными, и поэтому правильно не попавшие в группу (истинно-неправильные клетки); они не перемещаются в правильную группу.

В процессе работы оценивалось среднее время, затраченное прибором на сканирование одного стеклопрепарата (время сканирования одного мазка), и общее время, затраченное сотрудником лаборатории на коррекцию и окончательное утверждение результатов исследования (время валидации).

Также производилась оценка процента ручной коррекции, который рассчитывается как отношение клеток, перемещенных при валидации, к общему количеству всех клеток.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы Statistica v. 7 (USA) с применением стандартных методик параметрических и непараметрических методов исследования [6]

Результаты. Время, затраченное на сканирование одного стеклопрепарата, составило 291 ± 57 с (табл. 1).

Общее время, затраченное врачом, на анализ полученных результатов и их утверждение составило 9 часов 6 мин 40 с, что в пересчете на 1 стеклопрепарат соответствует 5 мин 28 с. Процент ручной коррекции объектов между категориями составил 36,8 ± 7,6 (M±SD).

Средние значения диагностических показателей приведены в табл. 2.

Обсуждение. Система Vision Sperm повышает точность и стандартизирует анализ эякулята с помощью автоматического сбора и преклассификации клеток по группам. Исключение временных затрат на механический подсчет клеток вместе с автоматической преклассификацией сперматозоидов позволяют врачу уделить больше времени на анализ морфологии и грамотное составление заключения, повышая тем самым качество анализа.

Результаты операционных характеристик свидетельствуют о высокой способности программного обеспечения автоматического анализа спермы Vision Sperm правильно идентифицировать клетки при соблюдении правил пробоподготовки.

Система демонстрирует наилучшие результаты при работе со стандартизированно-подготовленными препаратами, без отступлений от используемой методики. Пробоподготовка, в том числе разведение эякулята и окраска мазка, является

Таблица 1 / Table 1

Результаты времени сканирования морфологии сперматозоидов
Scanning time of sperm morphology samples

Методика / Method	Количество проб *N*, шт. / Number of samples *N*, pcs.	Среднее время сканирования, с / Average scanning time, s	Мин–Макс, с / Min-Max, s
Морфология/ Morphology	100	$\frac{291 \pm 57}{287;\ (247 - 328)}$	181 – 451

Примечание: в числителе – среднее арифметическое и стандартное отклонение (M ± SD), в знаменателе – медиана и интерквартильный диапазон (Me; (25 – 75 % квартиль))
Note: the numerator contains the arithmetic mean and standard deviation (M ± SD), the denominator contains the median and interquartile range (Me; (25-75% quartile))

Таблица 2 / Table 2

Средние значения диагностических показателей методики «Морфология»
Average values of diagnostic parameters of "Morphology"

	Норма / Normal samples			Патология / Pathological samples		
	ДЧ, % / DSe, %	ДС, % / DSp, %	ДЭ, % / DE, %	ДЧ, % / DSe, %	ДС, % / DSp, %	ДЭ, % / DE, %
Голова / Head	84,2	73,0	80,7	65,9	79,9	82,5
Шея / Midpiece	76,1	66,5	79,0	73,8	75,9	89,2
Жгутик / Tail	49,5	87,7	74,8	83,1	53,3	77,7
ERC	77,1	82,3	88,1	78,1	83,7	88,1

важнейшим фактором, который влияет на точность и работоспособность автоматизированных систем. Несоблюдение правил пробоподготовки увеличивает время проведения анализа и может привести к некорректной интерпретации результатов.

Заключение

Использование системы анализа Vision Sperm автоматизирует и стандартизирует оценку морфологии сперматозоидов, увеличивает эффективность работы лаборатории.

Список литературы

1. WHO laboratory manual for the Examination and processing of human semen. Fifth edition. World Health Organization, 2010.

2. Jørgensen N., Auger J., Giwercman A., et al. Semen analysis performed by different laboratory teams: an intervariation study // Int J Androl. 1997. Vol. 20, N4. P. 201–208. DOI: 10.1046/j.1365-2605.1997.00052.x

3. Johnson J.E., Boone W.R., Blackhurst D.W. Manual versus computer-automated semen analyses. Part I. Comparison of counting chambers // Fertil Steril. 1996. Vol. 65. P. 150–155. DOI: 10.1016/s0015-0282(16)58043-1

4. Yeung C.H., Cooper T.G., Nieschlag E. A technique for standardization and quality control of subjective sperm motility assessments in semen analysis // Fertil Steril. 1997. Vol. 67. P. 1156–1158.

5. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины / пер. с англ. М.: Медиа Сфера; 1998. 352 с., илл.

6. Гланц С. Медико-биологическая статистика / пер. с англ. М.: Практика; 1998. 459 с.

References

1. WHO laboratory manual for the Examination and processing of human semen. Fifth edition. World Health Organization, 2010.

2. Jørgensen N, Auger J, Giwercman A, et al. Semen analysis performed by different laboratory teams: an intervariation study. *Int J Androl*. 1997;20(4):201-8. DOI: 10.1046/j.1365-2605.1997.00052.x

3. Johnson JE, Boone WR, Blackhurst DW. Manual versus computer-automated semen analyses. Part I. Comparison of counting chambers. *Fertil Steril*. 1996;65(1):150-5. DOI: 10.1016/s0015-0282(16)58043-1

4. Yeung CH, Cooper TG, Nieschlag E. A technique for standardization and quality control of subjective sperm motility assessments in semen analysis. *Fertil Steril*. 1997;67(6):1156-8. DOI: 10.1016/s0015-0282(97)81455-0

5. Robert H. Fletcher, Suzanne W. Fletcher, Edward H. Wagner. Clinical Epidemiology. The Essentials. 3rd ed. *Williams and Wilkins.* 1996

6. Stanton A. Glantz Primer of Biostatistics. Fourth ed. *McGraw-Hill*.

Поступила в редакцию / Received 25.04.2024
Принята к публикации / Accepted 05.06.2024

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
Financing. The study was conducted without sponsorship.

Вклад авторов.

Е. И. Казначеева – 40 % участия в работе над главой «Материалы и методы», 40 % участия в работе над главой «Результаты», 20 % участия в работе над главой «Обсуждение».

Д. Ю. Соснин – 40 % участия в работе над главой «Результаты», 30 % участия в работе над главой «Обсуждение», 100 % участия в работе над главой «Заключение», 100 % участия в написании абстрактов на русском и на английском.

А. Ю. Петухова – 20 % участия в работе над главой «Материалы и методы», 10 % участия в работе над главой «Обсуждение».

В. А. Сапожков – 20 % участия в работе над главой «Материалы и методы», 10 % участия в работе над главой «Обсуждение».

А. С. Чурилова – 20 % участия в работе над главой «Материалы и методы», 20 % участия в работе над главой «Результаты», 20 % участия в работе над главой «Обсуждение».

Г. А. Катаев – 10 % участия в работе над главой «Обсуждение», 100 % участия в оформлении статьи по правилам для авторов.

Authors’ contributions.

Elena I. Kaznacheeva – 40 % participation in the preparation the chapter ‘Materials and methods’, 40 % participation in preparation the chapter ‘Results’, 20 % participation in the preparation the chapter ‘Discussion’.

Dmitry Y. Sosnin – 40 % preparation the chapter ‘Results’, 30 % preparation the chapter ‘Discussion’, 100 % preparation the chapter ‘Conclusion’, 100 % writing the abstract and translation.

Anna Y. Petukhova – 20 % preparation the chapter ‘Materials and methods’, 10 % preparation the chapter ‘Discussion’.

Vladislav A. Sapozhkov – 20 % preparation the chapter ‘Materials and methods’, 10 % preparation the chapter ‘Discussion’

Anna S. Churilova – 20 % preparation the chapter ‘Materials and methods’, 20 % the preparation the chapter ‘Results’, 20 % preparation the chapter ‘Discussion’.

Gleb A. Kataev – 10 % preparation the chapter ‘Discussion’, 100 % design of the paper according to the rules.

Сведения об авторах / Information about authors

Евгения Игоревна Казначеева – руководитель Лаборатории общеклинических исследований, ООО «ИНВИТРО», Москва, Россия.

Evgenia I. Kaznacheeva – Head of the General clinical studies laboratory, LLC ‘INVITRO’, Moscow, Russia.

E-mail: ekaznacheeva@invitro.ru . **SPIN РИНЦ:** 7652-8210

ORCID: 0000-0003-4656-8138

Дмитрий Юрьевич Соснин – д.м.н., профессор кафедры факультетской терапии № 2, профессиональных заболеваний и клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Россия.

Dmitriy Y. Sosnin – MD, PhD, DSc, Professor at the Department of faculty therapy № 2, occupational pathology and clinical laboratory diagnostics of the Wagner state medical university, E. A. Vagner Perm State Medical University, Ministry of Health of Russian Federation, Perm, Russia.

E-mail: sosnin_dm@mail.ru. **SPIN РИНЦ:** 4204-6796

ORCID: 0000-0002-1232-8826. **Scopus Author ID:** 36020670100

Анна Юрьевна Петухова – инженер группы аналитических систем сервисного центра, ООО «Медика Продакт», Москва, Россия.

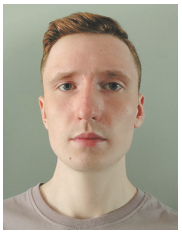
Anna Yu. Petukhova – Engineer of the analytical systems group of the service center LLC ‘Medica Product’, Moscow, Russia.

E-mail: a.petukhova@westmedica.com. **SPIN РИНЦ:** 4098-8896

ORCID: 0000-0002-5263-5564

Владислав Александрович Сапожков – инженер группы аналитических систем сервисного центра, ООО «Медика Продакт», Москва, Россия.
Vladislav A. Sapozhkov – Engineer of the analytical systems group of the service center LLC ‘Medica Product’, Moscow, Russia.
E-mail: v.sapozhkov@westmedica.com. **SPIN РИНЦ:** 8362-2836
ORCID: 0000-0001-7894-2901

Анна Святославовна Чурилова – руководитель группы разработки искусственного интеллекта отдела разработки ПО, ООО «Медика Продакт», Пермь, Россия.
Anna S. Churilova – Head of the Artificial Intelligence Development Group of the Software Development Department LLC ‘Medica Product’, Perm, Russia.
E-mail: a.churilova@westmedica.com. **SPIN РИНЦ:** 3029-5350
ORCID: 0000-0002-2247-6611



Глеб Александрович Катаев – технический писатель, ООО «Медика Продакт», Пермь, Россия.
Gleb A. Kataev – Technical writer of LLC ‘Medica Product’, Perm, Russia.
E-mail: g.kataev@westmedica.com