

УДК677.017.8

DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_1\_69

**ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ НИТЕЙ  
И ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ НИХ\***

**EVALUATION OF THE MODIFIED POLYESTER YARNS'  
FUNCTIONAL PROPERTIES  
AND TEXTILE MATERIALS MADE FROM THEM**

*Н.В. СКОБОВА, Н.Н. ЯСИНСКАЯ*

*N.V. SKOBOVA, N.N. YASINSKAYA*

**(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)**

**(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus)**

E-mail: yasinskaynn@rambler.ru; skobova-nv@mail.ru

*Функциональный текстиль, в отличие от традиционных материалов, выполняющих только пассивную защитную роль, обладает активными дополнительными свойствами, которые можно интерпретировать как "чувство - реакция - адаптация" к окружающей среде. Создание материалов из модифицированных синтетических нитей с функциональными свойствами позволяет придать готовым изделиям комплекс новых гигиенических и эксплуатационных свойств.*

*Статья посвящена исследованию влагорегулирующих свойств трикотажных материалов из функциональных нитей. В качестве сырья использовались текстурированные полиэфирные нити нового поколения *SohimSmartYarns* производства ОАО "СветлогорскХимволокно". В качестве показателей функции управления влагой выбраны: водопоглощение, водоемкость, смачиваемость, скорость впитывания жидкости поверхностью материала и поверхностно-массовое наполнение. В работе представлены методики оценки водопоглощающих свойств непосредственно нитей, применен подход к оценке влагорегулирующих свойств материалов на базе имеющегося зарубежного опыта. Анализ полученных результатов позволил установить функциональные возможности исследуемых материалов. Установлено, что полотна из нитей *QuickDry* являются быстро впитывающими материалами, однако их нельзя классифицировать как быстро сохнущие. Полотна из микрофиламентных нитей *Soft* обладают двойным эффектом: быстро впитывают и быстро испаряют влагу, что позволит применять их для изготовления изделий с заданными термо- и влагорегулирующими свойствами.*

\*Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022)», которая состоялась 23-24 ноября 2022 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

*Functional textiles, unlike traditional materials that perform only a passive protective role, have active additional properties that can be interpreted as "feeling - reaction - adaptation" to the environment. The creation of materials from modified synthetic threads with functional properties will make it possible to give finished products a complex of hygienic and operational properties.*

*The article is devoted to the study of moisture-regulating properties of knitted materials from functional yarns. Texturized polyester yarns of the new generation Sohim Smart Yarns produced by OJSC SvetlogorskKhimvolokno were used as raw materials. As indicators of the moisture management function, the following are selected: water absorption, water capacity, wettability, liquid absorption rate by the material surface and surface-mass filling. The paper presents methods for assessing the water-absorbing properties of the threads themselves, an approach is applied to assessing the moisture-regulating properties of materials based on the available foreign experience. The analysis of the results obtained made it possible to establish the functionality of the materials under study. Quick Dry fabrics have been found to be fast absorbent, but cannot be classified as fast drying. Cloths made of Soft microfilament yarns have a double effect: they quickly absorb and quickly evaporate moisture, which will allow them to be used for the manufacture of products with specified thermo- and moisture-regulating properties.*

**Ключевые слова:** функциональные нити, влагосодержание, краевого угла смачивания, скорость впитывания, водопоглощение.

**Keywords:** functional yarns, moisture content, wetting angle, absorption rate, water absorption.

#### *Введение*

Анализ научной литературы показывает рост интереса во всем мире к созданию различных видов текстиля со специфическими свойствами, выполняющих определенную функцию при использовании, их относят к группе функциональных материалов [1]. Функциональный текстиль, в отличие от традиционных материалов, выполняющих только пассивную, защитную роль, обладает активными дополнительными функциями, которые можно интерпретировать как "чувство - реакция - адаптация" к окружающей среде. Простейшими способами получения таких текстильных материалов являются технология смешивания волокон, модификация нитей, модификация строения и поверхности текстильных полотен.

В РБ предприятием ОАО "СветлогорскХимволокно" налажен выпуск функциональных нитей под торговым знаком SohimSmartYarns, включающий в себя достаточно широкий ассортиментный перечень: микрофиламентные нити Soft, нити с

функцией управления влаги QuickDry, нити с добавкой CoolBlack, нити Thermo с полым профилем поперечного сечения. Благодаря физической модификации данные нити могут быть использованы для производства функционального текстиля [2].

Функциональные свойства отражают способность текстильного материала выполнять свои основные функции. Нить QuickDry имеет повышенный капиллярный эффект. Профилированная структура элементарных нитей обеспечивает материалам способность эффективно управлять влагой за счет мощного капиллярного эффекта, который позволяет: быстро впитывать влагу, распределяя ее по большой площади поверхности материала для быстрого высыхания, разделить капли воды (пота) на более мелкие частицы, отводить влагу от поверхности тела человека, тем самым предохраняя его от перегревания (летом) или переохлаждения (зимой) [2].

Функциональные нити Soft выпускают от 5,5 до 70 текс с филаментностью от 72

до 1152 филаментов. По сравнению с натуральными волокнами тонкие и сверхтонкие синтетические нити меньше пиллингуются, легко стираются, не подвержены гниению и гипоаллергенны, повышаются гигиенические и функциональные свойства готовых изделий, т.е. увеличивается их воздухопроницаемость и улучшается влагопоглощение [2].

Управление влажностью является одним из ключевых критериев, определяющих уровень комфорта любого изделия. Термин "управление влажностью" часто используется в качестве рекламного слогана, однако он включает в себя понимание процессов, связанных с передачей влаги от тела человека в окружающую среду через материал [3].

Управление влажностью можно определить как контролируемое движение водяного пара и жидкой воды (пота) с поверхности кожи в атмосферу через текстильную основу.

Поток жидкой влаги через текстильные материалы контролируется двумя процессами: смачиванием и впитыванием. Смачивание – начальный процесс, связанный с растеканием жидкости; он контролируется поверхностными энергиями вовлеченного твердого тела и жидкости. В случае текстильного материала, как только вода сма-

чивает волокно, вода попадает в межволоконный капиллярный канал и увлекается под действием капиллярного давления. Свойства смачивания, впитывания и пропускания паров влаги являются критическими аспектами для оценки характеристик комфорта текстильных изделий [4], [5]. В случае одежды с высокими влагоотводящими свойствами влага, исходящая от кожи, распределяется по всей ткани, создавая ощущение сухости, а растекание жидкости позволяет влаге легко испаряться [6].

Цель работы – изучить влагорегулирующие свойства нитей и трикотажных материалов из них для определения функциональных свойств готового изделия.

#### *Объекты и методы исследования*

Для исследования выбраны нити QuickDry и мультифиламентная (Soft), в качестве контрольного варианта – традиционная полиэфирная текстурированная нить. Характеристика используемых нитей представлена в табл. 1 (физико-механические свойства полиэфирных нитей). Из выбранных вариантов нитей наработаны трикотажные полотна переплетением интерлок при одинаковых параметрах заправки кругловязаной трикотажной машины (табл. 2 – характеристика трикотажных полотен).

Т а б л и ц а 1

Параметр	Нить QuickDry	Нить Soft	Нить ПЕС
Линейная плотность, текс	18,4	16,7	16,7
Число филаментов	144	288	48
Разрывная нагрузка, сН	39,7	36,1	38,6
Разрывное удлинение, %	21,2	31,8	23,1

Т а б л и ц а 2

Сырьевой состав полотна	Толщина полотна, мм	Длина нити в петли, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Объемное заполнение, %
Нить QuickDry	0,4	3,26	210	161,6
Нить Soft	0,308	3,2	194	196,6
Нить ПЕС	0,471	2,73	220	64,6

В качестве показателей функции управления влагой выбраны: водопоглощение, водоемкость, смачиваемость, скорость впитывания жидкости поверхностью материала.

Водопоглощение и водоемкость характеризуют способность текстильных мате-

риалов поглощать воду при полном погружении в нее [7], [8].

Для определения водопоглощения нитей из пасмы вырезают единичные пробы, взвешивают и записывают начальный вес  $m_0$  (г). Далее каждую пробу с помощью стеклянной палочки погружают в чашу с

дистиллированной водой, объем воды должен быть таким, чтобы нить была полностью погружена в воду. Образующиеся на элементарной пробе пузырьки воздуха сбивают стеклянной палочкой или пинцетом и следят, чтобы нить все время испытания была полностью покрыта водой. Время погружения нитей составляет 5 мин. После выдерживания в воде пробу с помощью пинцета вынимают из чаши, подают на отжимные валы, с технологическим давлением в жале 0,6 кПа для удаления удерживаемой свободной влаги и определяют массу пробы  $m_{отж}$  (г). Водопоглощение ( $V_{п}$ , г/г) вычисляют по формуле:

$$V_{п} = \frac{m_{отж} - m_0}{m_0} (\text{г/г}). \quad (1)$$

В данных исследованиях под водоемкостью понимается влагоудерживающая способность нитей, количественно характеризующая способность нитей поглощать и удерживать в себе от стекания определенное количество влаги под действием капиллярных и сорбционных сил.

Для определения водоемкости нитей отбор проб и их подготовка аналогичны описанному в методике испытаний водопоглощения. После выдерживания в воде пробу с помощью пинцета вынимают из чаши и слегка встряхивают для удаления свободных (свисающих) капель, после чего определяют массу пробы  $m_{н/отж}$  (г). Количество повторных испытаний 50, за окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов взвешиваний, вычисленное с погрешностью не более 0,1% и округленное до 1%.

Относительную водоемкость нити ( $V_{е.отн}$ , мг/см<sup>2</sup>), количественно показывающую вес удерживаемой от стекания воды в пересчете на площадь боковой поверхности погружаемой пробы ( $F$ ), определяли по формуле:

$$V_{е.отн} = \frac{m_{н/отж} - m_0}{F} \cdot 10^3 (\text{мг/см}^2). \quad (2)$$

Площадь смоченной поверхности нити ( $F$ , см<sup>2</sup>) определяли по формуле:

$$F = 2\pi\bar{r}L + 2\pi\bar{r}^2 (\text{см}^2), \quad (3)$$

где  $\bar{r}$  – средний радиус поперечного сечения нити, см;  $L$  – длина исследуемого отрезка нити, см.

Для оценки водопоглощения трикотажными структурами использовался метод каплепадения. На стеклянную пластину с помощью дозатора капают каплю воды заданного объема. Образцы полотна помещают на каплю. Затем смоченный образец трикотажа помещают на фильтровальную бумагу (с сухим весом  $M_0$ ) и сверху на образец размещают груз. Через некоторое время образец разгружают, снимают с фильтровальной бумаги и взвешивают увлажненную фильтровальную бумагу ( $M_B$ ). Водопоглощение ( $W_{погл}$ , %) рассчитывают по формуле:

$$W_{погл} = \frac{M_B - M_0}{0,2} \cdot 100 (\%). \quad (4)$$

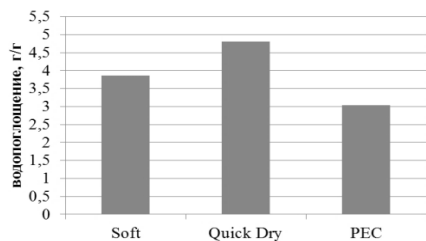
Смачиваемость трикотажных материалов оценивали по краевому углу смачивания и скорости впитывания. На образец полотна, размещенный на ровной поверхности, капали каплю жидкости, камерой делали снимок, по которому определяли краевой угол смачивания. Скорость смачивания определяли по времени впитывания капли жидкости полотном с момента падения до уменьшения зеркального отражения капли и появления тусклого влажного пятна.

Для полноты оценки влагорегулирующих свойств трикотажных полотен разработан универсальный капилляриметр на базе методик, представленных в работах Браславского В.А. [9], позволяющий определять одновременно высоту капиллярного подъема жидкости ( $H$ , мм) в материале и количество поглощенной жидкости ( $Q$ , г) за 60 минут.

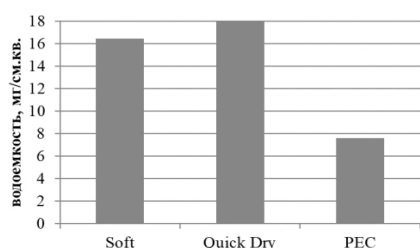
#### *Результаты и обсуждения*

Сравнительный анализ данных водопоглощения нитей (рис. 1 – оценка водоемкости и водопоглощения функциональных нитей) показывает, что наиболее высокие сорбционные свойства характерны нити QuickDry, имеющей многоканальную поверхность элементарных нитей, внутри ко-

торых происходит аккумуляция жидкости. Нить Soft микрофиламентная, образует большое число макрокапилляров в межволоконном пространстве, обеспечивая высокие сорбционные характеристики по сравнению с традиционной полиэфирной нитью.



а)



б)

Рис. 1

Визуальный анализ пневмосоединенных нитей Soft и QuickDry показал, что свободная влага удерживается на нити в виде капель в пневмоузлах, в виду чего вертикальное скатывание капель воды затруднено. Это подтверждается расчетом показателя относительной водоемкости (рис.1), причем для нити QuickDry количество удерживаемой воды, приходящейся на 1 мм<sup>2</sup> поверхности нити, составляет 18 мг/см<sup>2</sup>. Образцы нитей традиционной полиэфирной нити (PEC), полученные методом ложного кручения, при их извлечении из чаши с водой в вертикальном положении сбрасывали несвязанные капли воды за счет гравитационного давления.

Интенсивность водопоглощения трикотажных материалов (рис. 2 – оценка водопоглощения трикотажных полотен из функциональных нитей) идентична поведению нитей, несмотря на различие образцов в толщине материала и объемном заполнении.

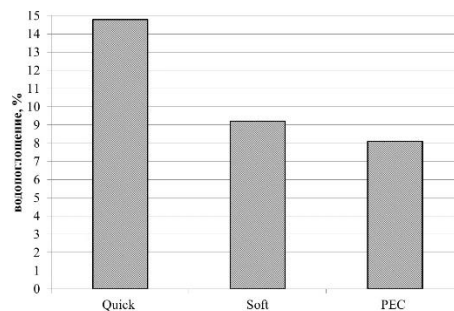
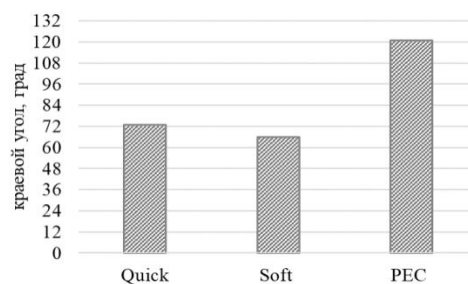
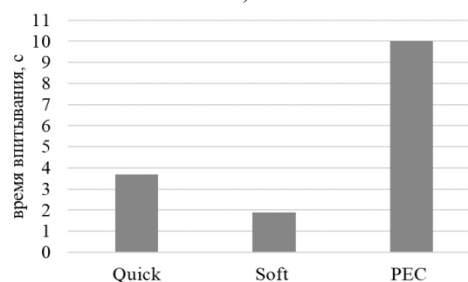


Рис. 2

Трикотажные полотна, выработанные из нитей QuickDry и Soft (рис. 3 – оценка смачиваемости трикотажных материалов), имеют краевой угол смачивания менее 90<sup>0</sup>, что характерно гидрофильным материалам. За счет многоканальности на поверхности элементарных нитей QuickDry и микрофиламентности нити Soft поверхностное натяжение между твердым телом и границей раздела жидкости уменьшается, обеспечивая высокую смачиваемость. Полотна из текстурированных полиэфирных нитей имеют угол смачивания более 100<sup>0</sup>, как у всех гидрофобных материалов, капля имеет округлую форму.



а)



б)

Рис. 3

Наиболее стремительное впитывание капли жидкости с поверхности материала происходит на полотне из микрофила-

## ВЫВОДЫ

ментных нитей – менее 2 с (рис. 3), благодаря наличию 288 филаментов, которые формируют большую удельную поверхность, обеспечивая высокую смачиваемость. Для нити QuickDry время впитывания составило 3,8 с. Оба полотна можно отнести к быстро впитывающим материалам. Для полотен из традиционной полиэфирной нити время составило более 10 с, результат неудовлетворительный.

Результаты динамики поглощения трикотажными полотнами в течение 60 мин жидкости путем поверхностного и массового заполнения представлены на рис. 4 (динамика водоемкости трикотажных полотен из функциональных нитей). На графиках эмпирические точки соответствуют времени измерения (1, 5, 10, 15, 20...60 мин).

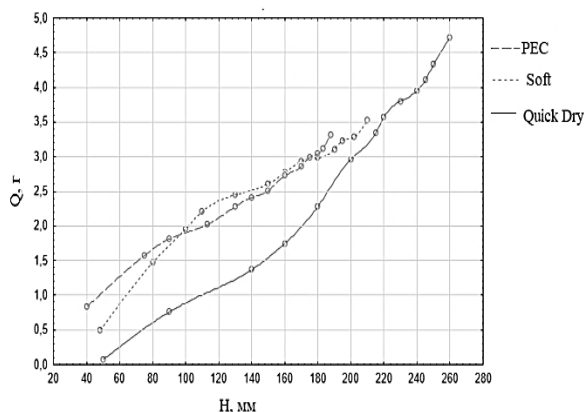


Рис. 4

Трикотажные полотна из нитей QuickDry отличаются высокими сорбционными свойствами: высота подъема и масса впитанной жидкости за указанный интервал времени максимальные из сравниваемых вариантов. При сравнении двух других образцов очевидно, что высоким градиентом капиллярного поднятия жидкости отличается образец из микрофиламентных нитей – в течение первых 15 мин высота поднятия жидкости составила 110 мм. По истечении времени измерения полотна из нитей Soft имели большее поверхностное и массовое заполнение порового пространства каплями влаги по отношению к образцу из традиционных полиэфирных нитей.

Изучены влагорегулирующие свойства трикотажных полотен из функциональных нитей производства ОАО "СветлогорскХимволокно" (Республика Беларусь). Установлено, что функциональные нити QuickDry и Soft придают изделиям повышенный капиллярный эффект. По результатам оценки показателей функции управления влагой можно утверждать, что полотна из нитей QuickDry являются быстровпитывающими материалами, однако их нельзя классифицировать как быстро сохнущие. Полотна из микрофиламентных нитей Soft обладают двойным эффектом: быстро впитывают и быстро испаряют влагу, что позволит применять их для изготовления изделий с заданными термо-и влагорегулирующими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бесшапошникова В.И., Климова Н.А., Бесшапошникова Н.В., Ковалева Н.Е. Влияние эксплуатационных факторов на паропроницаемость мембранных тканей и пакетов одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С.51...54.
2. Костюкевич В.В. Производство спецволокон и нитей с функциональными свойствами в ОАО "СветлогорскХимволокно" // Мат. II Междунар. научн.-технич. и инвестиционного форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке: Нефтехимия-2019, Минск, 16-18 сентября 2019 г. – Минск: БГТУ, 2019. С. XIII...XIX.
3. Brojeswari Das, A. Das, V.K. Kothari, R.Fanguiero, M. de Araújo Moisture transmission through textiles. Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play // Autex Research Journal. – 2007. - Vol. 7, No2. Режим доступа: [www.autexrj.org/No2-2007/0236.pdf](http://www.autexrj.org/No2-2007/0236.pdf). – Дата доступа 10.08.2022.
4. Mayur B., Mrinal C., Saptarshi M., Adivarekar R. Moisture Management Properties of Textiles and Its Evaluation // Curr Trends Fashion Technol Textile Eng. – 2018. 3(3): 555611. DOI: 10.19080/CTFT-TE.2018.03.555611.
5. Fanguiero R., Filgueiras A., Soutinho F., Xie-Meid. Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics // Textile Research Journal. – 2010. - Vol 80(15): 1522–1530 DOI: 10.1177/0040517510361796, Режим доступа: <http://www.sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav>. – Дата доступа: 19.08.2022.
6. Asfand N., Basra S.A. Analysis of textile capillarity evaluation methods: literature review // The International Young Researchers Conference "INDUS-

TRIAL ENGINEERING 2020”, Kaunas, May 14 - Lithuania, 2020 Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/344220269>. - Дата доступа 04.09.2022.

7. Скобова Н.В., Ясинская, Н.Н. Оценка сорбционных свойств текстильных материалов из функциональных нитей // Мат.Всероссийск.научн.-практич.конф. с международным участием: Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий. – В 2-х частях, сост. и отв.ред. Т.В. Лебедева.– Кострома, 2022. С. 43...46.

8. Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Даниленко А.Е., Сохова А.В. Оценка специальных свойств функциональных нитей и трикотажных полотен из них для формирования многослойных обувных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2021. Т. 53. № 3. С. 68...72.

9. Браславский В.А. Капиллярные процессы в текстильных материалах. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

## REFERENCES

1. Besshaposhnikova V.I., Klimova N.A., Besshaposhnikova N.V., Kovaleva N.E. Influence of operational factors on the vapor permeability of membrane fabrics and clothing packages // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. –2020, No. 6.P. 51...54.

2. Kostyukevich V.V. Production of special fibers and threads with functional properties at OJSC "SvetlogorskKhimvolokno" // Petrochemistry-2019: materials of the II International Scientific, Technical and Investment Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Processing, Minsk, September 16-18, 2019 – Minsk: BSTU, 2019. P. 13...19.

3. Brojeswari Das, A. Das, V.K. Kothari, R.Fanguiero, M. de Araújo Moisture transmission through textiles. Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play // Autex Research Journal. – 2007. - Vol. 7, No, available at: [www.autexrj.org/No2-2007/0236.pdf](http://www.autexrj.org/No2-2007/0236.pdf).

4. Mayur B, Mrinal C, Saptarshi M, R Adivarekar Moisture Management Properties of Textiles and Its Evaluation // Curr Trends Fashion Technol Textile Eng. – 2018. - 3(3): 555611. DOI: 10.19080/CTFT-TE.2018.03.555611.

5. Fanguiero R., Filgueiras A., Soutinho F., Xie-Meid Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics // Textile Research Journal. – 2010. - Vol 80(15): 1522–1530 DOI: 10.1177/0040517510361796, available at: <http://www.sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav>.

6. Asfand N., Basra, S.A. Analysis of textile capillarity evaluation methods: literature review // The International Young Researchers Conference “INDUSTRIAL ENGINEERING 2020”, Kaunas, May 14 - Lithuania, 2020, available at: <https://www.researchgate.net/publication/344220269>.

7. Skobova N.V., Yasinskaya N.N. (2022) Evaluation of the sorption properties of textile materials from functional yarns [Ocenkasorbcionnyhsvoystvttekstil'nyhmaterialovizfunkcional'nyhнитей], Research and development in the field of design and technology: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. In 2 parts, comp. and отв.red. T.V. Lebedeva, – Kostroma, 2022, pp.43...46.

8. Skobova N.V., Yasinskaya N.N., Danilenko A.E., Sokhova A.V. Evaluation of the special properties of functional yarns and knitted fabrics from them for the formation of multilayer shoe materials // News of higher educational institutions. Light industry technology. – 2021. V.53. №3. P.68...72.

9. Braslavsky, V. A. Capillary processes in textile materials. – Moscow: Legprombytizdat, 1987.

Рекомендована организационным комитетом Международной научно-технической конференции "Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022)". Поступила 01.11.22.