



## Особенности технологии посева семян на лентах и жгутах

Алексей Викторович Подзоров<sup>1</sup>, Людмила Сергеевна Шибряева<sup>1,2</sup>, Михаил Евгеньевич Чаплыгин<sup>1</sup>,  
 научный сотрудник, доктор химических наук, кандидат технических наук,  
 e-mail: alexvp900@yandex.ru; ведущий научный сотрудник, ведущий научный сотрудник,  
 e-mail: lyudmila.shibryaeva@yandex.ru; e-mail: misha2728@yandex.ru

<sup>1</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

<sup>2</sup>Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Отметим преимущества посева семян в ленте (жгуте): точное соблюдение заданной нормы высева, оптимизация внесения удобрений и химических веществ, быстрый переход при высеве от культуры к культуре (от сорта к сорту). Положительный эффект технологии наблюдается в отношении практически всех сельскохозяйственных культур. (*Цель исследования*) Проследить историю появления и применения семенных лент (жгутов), их конструктивные особенности и технологии производства. (*Материалы и методы*) Работа выполнена на основе историко-аналитического метода. Исследовались публикации в научных журналах, документы патентных баз Espacenet и Федерального института промышленной собственности, фотоматериалы. (*Результаты и обсуждение*) Приведена информация о появлении первых носителей семян в виде жгутов, разработке и развитии данной технологии посева, использовании семенных лент, наиболее популярных в настоящее время. Универсальные или комбинированные ленты и жгуты могут быть носителями наряду с семенами удобрений, пестицидов, гербицидов, других веществ в разных сочетаниях. Рассмотрены изобретения за период 1898-2023 годов., относящиеся к видам и способам изготовления семенных лент и жгутов, предложенные в разных странах. (*Выводы*) Отличия семенных лент и жгутов заключаются главным образом в механизации их изготовления. Носителем семян может быть практически любой биоразлагаемый материал – бумага, полотно из растительных волокон, полимеры или другие. При изготовлении лент необходимо обеспечивать минимальное травмирование семян. Проведенный авторами анализ позволил сформулировать принципы подбора биodeградируемых полимерных материалов для технологии проращивания семян в семенной ленте (жгуте). Это высокие диффузионные параметры, набухаемость, обеспечение баланса между реакциями биоразложения лент и биохимическими реакциями в клетках растений.

**Ключевые слова:** семена, технология посева, семенной жгут, семенная лента, биоразлагаемые полимеры, альтернативные носители, инновационные сельскохозяйственные материалы.

■ **Для цитирования:** Подзоров А.В., Шибряева Л.С., Чаплыгин М.Е. Особенности технологии посева семян на лентах и жгутах // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. №3. С. 56-62. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-56-62. EDN: IYIUWE.

Scientific article

## Specific Characteristics of Seed Tape and Seed Rope Planting

Aleksey V. Podzorov<sup>1</sup>,  
 researcher,  
 e-mail: alexvp900@yandex.ru;

Lyudmila S. Shibryaeva<sup>1,2</sup>,  
 Dr.Sc.(Chem.), leading researcher,  
 e-mail: lyudmila.shibryaeva@yandex.ru;

Mikhail E. Chaplygin<sup>1</sup>,  
 Ph.D.(Eng.), leading researcher,  
 e-mail: misha2728@yandex.ru

<sup>1</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup>Emanuel Institute of Biochemical Physics of the Russian Academy of Sciences (IBCP RAS), Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The paper highlights the benefits of using seed tape planting technology, which include reduced seeding rate, optimized application of fertilizers and chemicals, and the ability to quickly switch between different crops or seed varieties. This technology shows positive effects on nearly all agricultural crops. (*Research purpose*) The study aims to explore the history of the emergence and application of seed tapes (seed ropes) for planting, detailing their design features and production technologies. (*Materials and methods*) The research employs a historical-analytical method, examining scientific publications, patent databases, such as

Espacenet and the Federal Institute of Industrial Property, as well as photographic materials. (*Results and discussion*) The paper provides information on the origin of the first seed carriers which were flexible holding strips of paper or similar material that enclosed seeds. It covers the development and advancement of this planting technology, highlighting the use of currently most popular seed tapes. Universal or combined tapes and twisted seed strands can serve as carriers of fertilizers, pesticides, herbicides, and other substances in various combinations, in addition to seeds themselves. The paper reviews inventions related to the types and manufacturing methods of seed tapes and seed ropes proposed in different countries from 1898 to 2023. (*Conclusions*) The differences between seed tapes and seed ropes primarily lie in the mechanization of their production. The seed carrier can be made from various biodegradable materials, such as paper, plant fiber cloth, polymers or others. When manufacturing these tapes, it is necessary to minimize seed damage. The present research results in the formulation of principles for selecting biodegradable polymeric materials for seed tape planting technology. These principles include high diffusion rates, swelling properties, and maintaining a balance between tape biodegradation and biochemical reactions in plant cells.

**Keywords:** seeds, planting technology, seed ropes, seed tapes, biodegradable polymers, alternative seed carriers, innovative agricultural materials.

■ **For citation:** Podzorov A.V., Shibryaeva L.S., Chaplygin M.E. Specific characteristics of seed tape and seed rope planting. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N3. 56-62 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-56-62. EDN: IYIUWE.

Семенной материал относится к важнейшим ресурсам, используемым в сельскохозяйственном производстве. Обеспечение нормы высева – главный показатель качества посевных работ и рационального использования посевного материала. В конце XIX века были предприняты первые попытки создать систему, обеспечивающую фиксированную норму высева семян, с которых зародилась технология посева на ленте. В основном для этого применялись жгуты (трубки) и ленты из природных водоразлагаемых материалов, таких как конопляное и льняное волокно, целлюлоза (бумага). С тех пор технологии и приемы семеноводства активно развиваются и пополняются за счет новых научных исследований и практических разработок [1, 2].

**Цель исследования.** Проследить историю развития и технологии производства семенных жгутов и лент.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на основе литературных и иных источников информации с использованием историко-аналитического метода. Исследовали работы отечественных и зарубежных авторов: статьи в научных журналах, монографии, материалы конференций, фотоматериалы, патентные документы международной патентной базы Espacenet и патентной базы Федерального института промышленной собственности (ФИПС).

**Результаты и обсуждение.** Ленты как носитель семян не так популярны из-за особенностей технологии их изготовления и подготовки к посеву. Из-за достаточно высоких затрат не каждый сельхозпроизводитель готов применять такой способ. Однако значительное снижение нормы высева, точное и точечное дозирование семян, возможность быстрой смены культуры (сорта) при посеве дают положи-

тельный эффект в овощеводстве и селекции. Кроме того, современные «универсальные» или «комбинированные» ленты и жгуты позволяют одновременно с семенами вносить удобрения, пестициды, гербициды, другие добавки или их композиции.

Первоначально для фиксирования отдельных семян применялись жгуты. Семенной жгут имеет простую конструкцию, вариантов его изготовления было предложено немного и, как правило, длительное время они практически не изменялись.

Первые способы размещения семян на биоразлагаемом материале были запатентованы в США. В 1898 г. Л.Дж. Дженкинс запатентовал «Метод посева семян» (патент *US614002*). Семенной жгут, сотканный из нитей, напоминал чулок (*рис. 1а*). Также автор изобретения предлагал объединить жгуты в полотно для покрытия засеваемой площади. Семена могли располагаться как произвольно, так и в геометрическом порядке.

В 1907 г. Р.К. Израэль предложил использовать для семенного жгута скрученную полосу бумаги (патент *US851171*). Этот простой и достаточно эффективный способ (*рис. 1б*) был взят за основу многими изобретателями, отличались жгуты лишь по материалу и способу изготовления.

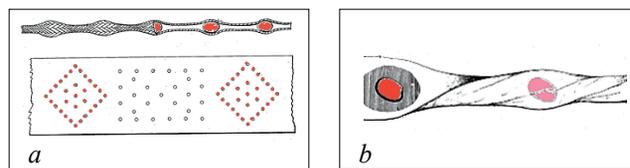


Рис. 1. Первые семенные жгуты: а – метод посева семян Л.Дж. Дженкинса; б – средство для посадки семян Р.К. Израэля (<https://ru-i.espacenet.com>)

Fig. 1. First seed planting means: a – L.J. Jenkins' tubular casing method; b – R.C. Israel's seed carrying strips (<https://ru-i.espacenet.com>)

В изобретении Альберта С. Фичера в 1944 г. «Желатинизированный семенной канат» (патент *US2338103*) носитель семян представлял собой скорее не классический жгут, а многослойную трубку (рис. 2). В такой конструкции центральный шнур или бечевка 1 заключен в коллоидную оболочку 2, на которой с определенным интервалом расположены семена 3. При этом семена могут свободно прорасти во всех направлениях. Следующий слой коллоидной оболочки 4 содержит удобрения, а внешняя оболочка 5 – инсектицид либо другое средство от вредителей. Технология производства этого носителя напоминает приготовление чурчхелы: центральный жгут последовательно погружают в соответствующие растворы, при подсыхании образуются слои различной структуры и назначения.

Оригинальный способ получения носителя се-

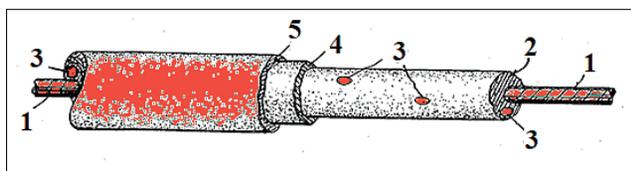


Рис. 2. Желатинизированный семенной канат Альберта С. Фичера (<https://ru-i.espacenet.com>)

Fig. 2. Albert C. Fischer's gelatinized seed bearing cord (<https://ru-i.espacenet.com>)

мян в 1971 г. предложил Масаказу Накаяма (патент *US3623266*). Лента-носитель семян больше похожа на трубку (рис. 3). Способ ее получения механизирован и предусматривает пропускание сложенной ленты 1 с семенами 2 сквозь вращающуюся бобину 3, на которой закреплены катушки 4 с ниткой. Вращаясь вместе с бобиной, катушки обматывают и стягивают нитками 5 сложенную ленту с семенами, формируя подобие трубки 6. Нитки, как и лента, из разлагаемого материала предотвращают раскрытие ленты, не препятствуя прорастанию семян.

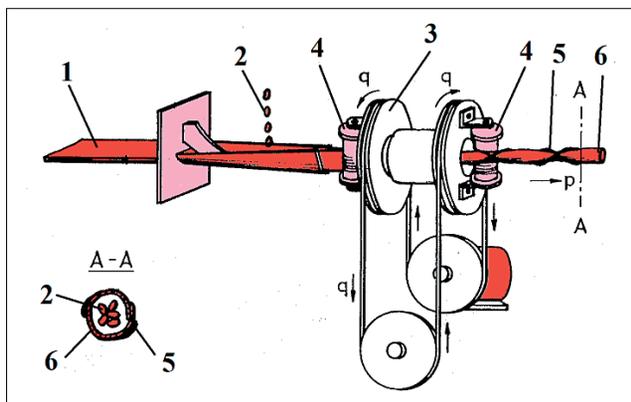


Рис. 3. Высеваящая лента Масаказу Накаямы (<https://ru-i.espacenet.com>)

Fig. 3. Seed tape invented by Masakazu Nakayama (<https://ru-i.espacenet.com>)

В 1983 г. В.А. Бахмутов и В.А. Любич предложили способ изготовления семенных лент (патент *SU986312*) наподобие классического крученого жгута 1 (рис. 4). Особенность заключалась в том, что в механизированной установке лента 2 с заложенными в нее семенами 3 скручивалась при проходе через вращающуюся полую втулку 4 с трубкой и специальным приспособлением 5 и наматывалась послойно на катушку 6. За счет плотного скручивания предотвращается раскрытие жгута при дальнейшей работе без использования дополнительных средств фиксации семян.

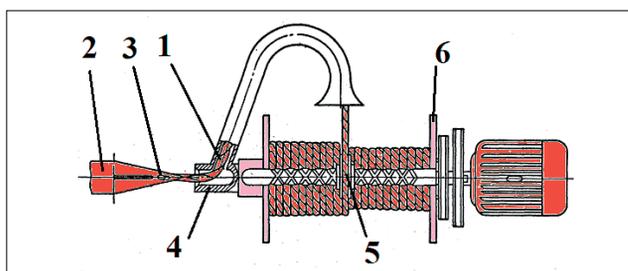


Рис. 4. Способ изготовления семенных лент В.А.Бахмутова и В.А.Любича (<https://patents.su>)

Fig. 4. The method of seed tape production invented by V.A. Bakhmutov and V.A. Lyubich (<https://patents.su>)

Параллельно с семенными жгутами развивались семенные ленты, и на определенном этапе они заняли лидирующее положение. Первые семенные ленты появились в начале XX века. Рассмотрим некоторые из них.

Лента для упаковки семян была разработана в 1915 г. Эдвардом и Дэвидом Грей (патент *US1160279*). В центре волокнистой влагопроницаемой ленты 1 клеем 2 закреплялись семена 3 (рис. 5). В первом варианте сверху к ленте приклеивается второй слой такой же ленты, во втором – лента сворачивается вдвое и край склеивается, в третьем – края ленты складываются внахлест и склеиваются. Во всех случаях внутрь ленты закладывается армирующая нить 4.

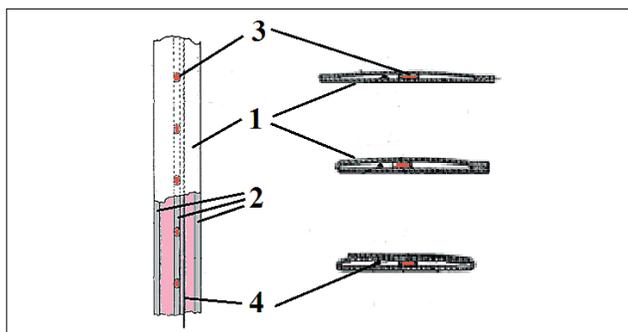
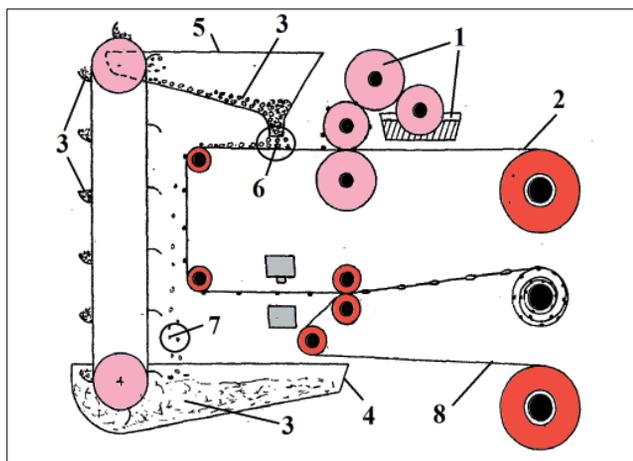


Рис. 5. Семенная упаковка Эдварда и Дэвида Грей (<https://patents.google.com>)

Fig. 5. Seed package invented by Edward and David Gray (<https://patents.google.com>)

С развитием методов ленточного посева и механизации появлялись новые типы и технологии производства лент. Одним из примеров механизированной промышленной установки по производству семенных лент можно привести изобретение Клода Лефевра, относящееся к 1955 г. (патент *FR1098668*). Процесс изготовления ленты включает несколько этапов (*рис. 6*): нанесение порции клея *1* на основную ленту *2*, подача семян *3* из лотка *4* в бункер *5*, устройство подачи бсемян на основную ленту из бункера *5*, сброс *7* неприклеенных семян в лоток *4* и приклеивание закрывающей ленты *8*. При необходимости на ленте можно расположить несколько семенных дорожек, а сами ленты пропитать средствами защиты от вредителей.



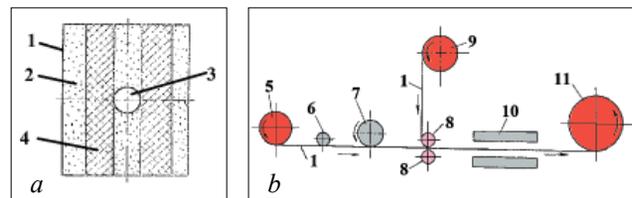
*Рис. 6. Улучшение посева технических и овощных семян Клода Лефевра (<https://ru-i.espacenet.com>)*

*Fig. 6. Improvements to the sowing of industrial and vegetable seeds invented by Claude Lefebvre (<https://ru-i.espacenet.com>)*

В 1961 г. коллективом авторов под руководством Пола И. Хансена было создано полотно для выращивания трав (патент *US2976646*). Особенность изобретения заключается в том, что сложенные ленты с семенами пропитываются наносимым под давлением водорастворимым клеем. После этого полотно высушивается на специальном транспортере. Ширина ленты и количество семян устанавливаются по необходимости.

Примером «универсальной» ленты служит изобретение в 1986 г. под руководством Л.И. Бирюкова (патент *SU1209059*). Лента для посева семян (*рис. 7а*) состоит из двух полос *1* из водовпитывающего материала, наружные поверхности которых покрыты смесью *2*, состоящей из жидкого или порошкообразного гербицида с водорастворимым клеем. Внутренние поверхности полос склеены между собой и с семенами *3* смесью *4* удобрения с водорастворимым клеем. Семена внутри полос с определенным интервалом расположены по осевой линии ленты и на нее последовательно наносятся удобрения, семена и гербициды.

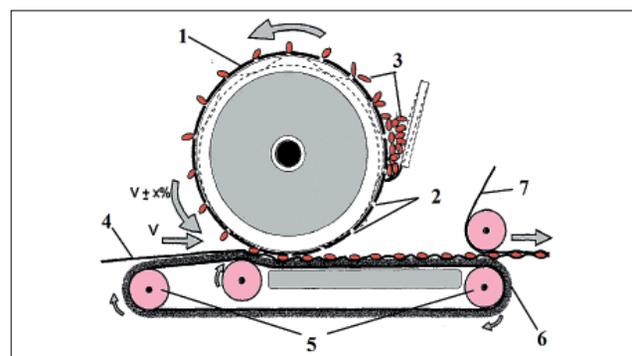
На механическом устройстве (*рис. 7б*) на полосу материала *1*, поступающего с рулона *5*, валиком *6* наносят смесь *4* и укладывателем *7* распределяют семена. Поступающие с рулонов *5* и *9* полосы склеиваются с помощью валиков *8*, и на их наружные поверхности наносится гербицидная смесь *2*. После сушильной камеры *10* лента сматывается в рулон *11* и хранится до посева.



*Рис. 7. Лента для посева семян Л.И. Бирюкова: а – семенная лента в разрезе, б – схема установки для создания семенной ленты (<https://patents.su>)*

*Fig. 7. Seed panting tape by L.I Biryukov: a – a sectional view of the seed tape; b – a diagram of the device for seed tape production (<https://patents.su>)*

При тщательном рассмотрении представленных выше изобретений можно отметить, что во многих из них вызывает затруднение возможность обеспечить равномерность расположения семян по длине ленты. Кроме того, рядом могут оказаться несколько семян, что нежелательно для их развития при прорастании. Решая эту проблему, Джоэл Кудрио и Жан-Марк Ланшье в 1999 г. разработали способ и устройство для сеялок точного высева прямого внесения с заглаживанием (патент *EP0953280*). Основным элементом установки является полый диск (барaban) *1*, внутри которого создается вакуум (*рис. 8*).



*Рис. 8. Способ и устройство для сеялок точного высева прямого внесения с заглаживанием Джоэла Кудрио и Жан-Марка Ланшье (<https://patents.google.com>)*

*Fig. 8. Method and device for precise sowing by direct application and smoothing invented by Joel Coudrieau and Jean-Marc Lanchier (<https://patents.google.com>)*

На поверхности диска с установленным шагом расположены отверстия *2*, и к ним за счет разряжения внутри диска прикрепляются семена *3* таким

образом, чтобы одно отверстие соответствовало одному семени. Диск вращается и сбрасывает в определенный момент (за счет внутренней конструкции диска) семена на ленту 4 и одновременно вдавливает в нее семена. Лента 4 располагается на конвейере 5 с мягкой подложкой 6, и при вдавливании семян образуются углубления, не позволяя семенам скатываться. В конце конвейера 5 накладывается покрывная лента 7. За счет прикрепления друг к другу ленты образуют единый носитель семян.

Похожую систему с вакуумным диском для точной подачи семян (в данном случае гранулированных) в 2011 г. продемонстрировала при производстве семенной водорастворимой ленты словацкая фирма *SEDOS* (рис. 9). Используется одна лента, которая после подачи семян сворачивается пополам и склеивается (спаивается), запечатывая семена. В некоторых вариантах исполнения ленты семена чередуются с гранулированными удобрениями.



Рис. 9. Производство семенной ленты на фирме *SEDOS* (<https://www.sedos.sk>)

Fig. 9. Seed tape production at *SEDOS* (<https://www.sedos.sk>)

Для японской сеялки *TSA-7* компания из Воронежа ООО «Ньютехагро» предлагает специальные семенные ленты (рис. 10а) [3]. Для их производства используются два основных вида материала: водорастворимая лента *Holceron* (рис. 10b) или биоразлагаемый нетканый материал *Meshron* (рис. 10с). Водорастворимая лента для предотвращения обрывов усилена биоразлагаемой нитью.

Многие из представленных носителей семян позиционируются как универсальные или комбинированные. Выбор доз внесения любых химических веществ очень важен. Передозировка негативно сказывается на развитии культурных растений и состоянии почвы. Во избежание таких проблем перед созданием «универсального» семенного носителя необходимо ознакомиться с профильной литературой и правильно рассчитать дозы химических компонентов [4, 5].

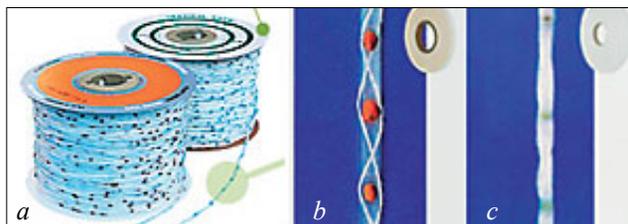


Рис. 10. Семенные ленты для сеялки *TSA-7*: а – семенные ленты; б – водорастворимая лента *Holceron*; в – биоразлагаемый нетканый материал *Meshron* (<https://seialka.ru>)  
Fig. 10. Seed tapes for *TSA-7* seeders: а – special seed tapes; б – water-soluble *Holceron* tape; в – biodegradable non-woven *Meshron* tape (<https://seialka.ru>)

На наш взгляд, в России уделяется недостаточное внимание технологии посева семян на ленте. Вместе с тем ее перспективы и возможности очень широки [6]. Современная наука позволяет создавать безопасные для окружающей среды материалы, которые можно использовать в массовом производстве семенных носителей [7, 8].

Все больше для упаковки семян применяют биodeградируемые полилактиды (ПЛА), полигидроксibuтираты (ПГБ) и их композиции [9]. Преимущество таких материалов заключается в их способности стимулировать прорастание, рост и развитие растений в результате образования при биоразложении углекислого газа и воды с выделением тепла.

На рисунке 11 представлены варианты лент на основе полимеров, разработанных в 2023 г. в Институте биохимической физики им. Н.М. Эммануэля. Проведенные в ИБХФ им. Н.М. Эмануэля совместно с лабораторией ФНАЦ ВИМ исследования показали, что эффективность развития семян в основном зависит от структуры материала ленты. Структура определяет скорость подачи воды, питательных веществ, тепла к семени и зародышу. Разработанные образцы носителей семян из ПЛА, ПГБ и их композиций созданы в виде лент из нетканого материала или тонких прессованных пленок толщиной 80-120 мкм [10]. Нетканый материал изготовлен из нановолокон, полученных методом электроформования [11, 12], и отличается высокой пористостью.



Рис. 11. Семенные ленты на основе биodeградируемых полимеров

Fig. 11. Seed tapes based on biodegradable polymers

Для создания материалов были использованы полимеры: полигидроксибутират (ПГБ), синтезированный микробиологическим методом производства фирмы *Biomer* (Германия); полилактид (ПЛА) и полибутенадипинаттерефталат (ПБАТ) производства «СК Сибур», (Россия); сополимер этилена и винилацетата (СЭВА) производства «Руспласт» (Россия).

Композиции для лент, содержащих полимерные модификаторы, изготавливали путем смешивания компонентов на экструдере с щелевой головкой, формирующей ленты необходимого размера и толщины. Условия смешивания и температурные режимы предусматривали равномерное распределение компонентов и отсутствие процесса термодеструкции [11, 13]. При этом состав композиций варьировался, чтобы получить физико-механические параметры, необходимые для технологических режимов посадки семян на ленте [14].

**Выводы.** Каждый представленный в исследовании тип семенной ленты или жгута имеет право на существование. Изготовление жгута, как правило, связано со скручиванием материала, в который помещены се-

мена. Семенная лента состоит из двух склеенных (спаянных) слоев с семенами между ними. Отличия наблюдаются лишь в предлагаемом способе механизации процесса изготовления. Основным требованием при изготовлении носителей должно быть минимальное травмирование семян. Также необходимо соблюдать условия хранения семенной ленты (жгута).

Рассмотренные материалы и методы изготовления семенных лент и жгутов, анализ факторов, определяющих эффективность работы полимерных пленок, проведенный в ИБХФ им. Н.М. Эмануэля совместно с ФНАЦ ВИМ в 2021-2023 гг., позволил сформулировать принципы подбора биodeградируемых полимерных материалов для технологии проращивания семян в семенной ленте (жгуте). К этим принципам относятся: высокие показатели диффузии и набухаемости, обеспечивающие подачу влаги к прорастающему семени. Помимо этого, энергия разложения полимерного материала должна быть такого уровня, чтобы обеспечивать баланс между реакциями деструкции полимера и биохимическими реакциями в клетках растений.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N3. С. 45-52. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-45-52.
2. Ценч Ю.С., Несмиян А.Ю., Хомутова Н.С. История развития конструкции высевальных аппаратов зерновых сеялок // *Вопросы истории естествознания и техники*. 2020. Т. 41. N1. С. 102-117. DOI: 10.31857/S020596060008429-3.
3. Zhang B., Liu D., Xi X. et al. The analysis on the applications of crop seed tape sowing technology and equipment: A Review. *Applied Sciences*. 2021. N11. 11228. DOI: 10.3390/app112311228.
4. Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Красуцкий П.А., Чанышев Р.Р. Биоразлагаемые полимеры – современное состояние и перспективы использования // *Башкирский химический журнал*. 2012. Т. 19. N1. С. 135-139. EDN: NLJRBV.
5. Yeo J.C.C., Muiruri J.K., Thitsartarn W. et al. Recent advances in the development of biodegradable phb-based toughening materials: approaches, advantages and applications. *Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 92. 1092-1116. DOI: 10.1016/j.msec.2017.11.006.
6. Тертышная Ю.В., Шибряева Л.С. Биоразлагаемые полимеры: перспективы их масштабного применения в промышленности России // *Экология и промышленность России*. 2015. Т. 19. N8. С. 20-25. DOI: 10.18412/1816-0395-2015-8-20-25.
7. Kumar R., Yakubu M.K., Anandjiwala R.D. Biodegradation of flax fiber reinforced poly lactic acid. *Express Polymer Letters*. 2010. Vol. 4. N7. 423-430. DOI: 10.3144/expresspolymlett.2010.53.
8. Шибряева Л.С., Тертышная Ю.В., Пальмина Д.Д., Левина Н.С. Биodeградируемые полимеры как материалы для высевания семян зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. N6. С. 14-18. EDN: VBETEZ.
9. Tertyshnaya Y., Zakharov M., Ivanitskikh A., Popov A. Impact of environmental agents on non-woven polylactide/natural rubber agrofiber. *E3S Web*. 2021. 285. 07034. DOI: 10.1051/e3sconf/202128507034.
10. Millington S.M. Research for alternative material and its effect on seed germination in seed tapes products. (Thesis). University of the West of England. Bristol. UK. 2018. 101. <https://uwe-repository.worktribe.com/output/863239>.
11. Tertyshnaya Y., Shibryaeva L., Olkhov A. Thermal oxidation and degradation of poly-3-hydroxybutyrate nonwoven materials. *Russian Journal of Physical Chemistry*. 2015. Vol. 9. N3. 498-503. DOI: 10.1134/S1990793115030112.
12. Ольхов А.А., Склянчук Е.Д., Аббасов Т.А. и др. Регенерационный потенциал нановолоконного сухожильного имплантата из полигидроксибутирата // *Технологии живых систем*. 2015. Т. 12. N2. С. 3-11. EDN: UAHCVT.
13. Кочеткова В.А., Сафиева Р.З., Ольхов А.А., Станишевский Я.М. Ультраволокнистые биополимерные материалы на основе полилактида и озонида // *Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина*. 2024. N1(314). С. 98-107. EDN : WUNSSZ.
14. Thompson A.A., Samuelson M.B., Kadoma I. et al. Degradation rate of bio-based agricultural mulch is influenced by mulch composition and biostimulant application. *Journal of Polymers and the Environment*. 2019. N27. 498-509. DOI: 10.1007/s10924-019-01371-9.

## REFERENCES

1. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendencies and prospects for the development of domestic machinery for sowing grain crops. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018. Vol. 12. N3. 45-52 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-45-52.
2. Tsench Yu., Nesmiyan A., Khomutova N. The history of development of seed-feeding devices on grain drills. *Studies in the History of Science and Technology*. 2020. Vol. 41. N1. 102-117 (In Russian). DOI: 10.31857/S020596060008429-3.
3. Zhang B., Liu D., Xi X. et al. The analysis on the applications of crop seed tape sowing technology and equipment: A Review. *Applied Sciences*. 2021. N11. 11228 (In English). DOI: 10.3390/app112311228.
4. Vildanov F.Sh., Latypova F.N., Krasutskii P.A., Chanyshv R.R. Biodecomposed polymers – a current state and use prospects. *Bashkir Chemistry Journal*. 2012. Vol. 19. N1. 135-139 (In Russian). EDN: NLJRBV.
5. Yeo J.C.C., Muiruri J.K., Thitsartarn W. et al. Recent advances in the development of biodegradable PHB-based toughening materials: approaches, advantages and applications. *Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 92. 1092-1116 (In English). DOI: 10.1016/j.msec.2017.11.006.
6. Tertyshnaya Yu., Shibryaeva L. Biodegradable polymers: prospects of their large-scale application in industry of Russia. *Ecology and Industry of Russia*. 2015. Vol. 19. N8. 20-25 (In Russian). DOI: 10.18412/1816-0395-2015-8-20-25.
7. Kumar R., Yakubu M.K., Anandjiwala R.D. Biodegradation of flax fiber reinforced poly lactic acid. *Express Polymer Letters*. 2010. Vol. 4. N7. 423-430 (In English). DOI: 10.3144/expresspolymlett.2010.53.
8. Shibryaeva L.S., Tertyshnaya Yu.V., Pal'mina D.D., Levi-na N.S. Biodegraded polymers as materials for sowing of grain crops seeds. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2015. N6. 14-18 (In Russian). EDN: VBETEZ.
9. Tertyshnaya Y., Zakharov M., Ivanitskikh A., Popov A. Impact of environmental agents on non-woven poly-lactide/natural rubber agrofiber. *E3S Web*. 2021. 285. 07034 (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202128507034.
10. Millington S.M. Research for alternative material and its effect on seed germination in seed tapes products. (Thesis). University of the West of England. Bristol. UK. 2018. 101 (In English). <https://uwe-repository.worktribe.com/output/863239>.
11. Tertyshnaya Yu., Shibryaeva L., Olkhov A. Thermal oxidation and degradation of poly-3-hydroxybutyrate nonwoven materials. *Russian Journal of Physical Chemistry*. 2015. Vol. 9. N3. 498-503 (In English). DOI: 10.1134/S1990793115030112.
12. Ol'khov A.A., Sklyanchuk E.D., Abbasov T.A. et al. Regeneration potential of a new tendon implant made of poly-hydroxybutyrate nanofibres. *Technologies of Living Systems*. 2015. Vol. 12. N2. 3-11 (In Russian). EDN: UAHCVT.
13. Kochetkova V.A., Safieva R.Z., Olkhov A.A., Stanishevsky Ya.M. Ultrafibre biopolymer materials based on poly-lactide and ozonide. *Proceedings of Gubkin University*. 2024. N1(314). 98-107 (In Russian). EDN: WUNSSZ.
14. Thompson A.A., Samuelson M.B., Kadoma I. et al. Degradation rate of bio-based agricultural mulch is influenced by mulch composition and biostimulant application. *Journal of Polymers and the Environment*. 2019. N27. 498-509 (In English). DOI: 10.1007/s10924-019-01371-9.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Заявленный вклад соавторов:**

Подзоров А.В. – поиск аналитических материалов в отечественных и зарубежных источниках, первичный анализ полученных данных, подготовка текста, визуализация материалов;

Шибряева Л.С. – научное руководство, формулирование направления, цели и задачи исследования, анализ и доработка текста, формирование общих выводов;

Чаплыгин М.Е. – участие в критическом анализе данных, обобщении и описании результатов, формирование общих выводов.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Coauthors' contribution:**

Podzorov A.V. – reviewing domestic and foreign analytical publications, primary analysis of the obtained data, manuscript preparation, visualization of materials;

Shibryaeva L.S. – scientific supervision, formulation of the direction, goals and objectives of the study, analysis and revision of the manuscript, formulating general conclusions;

Chaplygin M.E. – data analysis, generalization and description of the results, formulating general conclusions.

*The authors read and approved the final manuscript.*

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

01.06.2024

15.08.2024