

## Переработка органических отходов в пиролизное топливо

Р.Г. Сафин<sup>a</sup>, В.Г. Сотников<sup>b</sup>, А.Н. Загиров<sup>c</sup>, Р.А. Мифтахов<sup>d</sup>

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
ул. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан

<sup>a</sup> safin@kstu.ru, <sup>b</sup> vcvcvc12345678@gmail.com, <sup>c</sup> aidarzagirov98@mail.ru, <sup>d</sup> vcvcvc12345678@gmail.com

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6202-5487>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6202-5487>,

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9804-4236>, <sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4654-3353>

Статья поступила 10.10.2022, принята 21.10.2022

*На сегодняшний день вопрос переработки органических отходов очень актуален. Из не востребованного сырья можно производить полезные в хозяйстве продукты, например, биотопливо. В данной работе рассмотрен метод медленного термического разложения твердых органических отходов с последующей сепарацией в пиролизное топливо и различные соединения. Рассмотрены основные сведения по переработке органических отходов в пиролизное биотопливо. Представлены основные способы сепарации пиролизного газа. Основным способом получения пиролизного топлива, рассмотренным в данной статье, является процесс термического разложения органических отходов. Были проведены экспериментальные исследования по кондуктивному пиролизу щепы сосны с получением пиролизного дистиллята, а также по сепарации пиролизного дистиллята различной концентрации. В результате получены различные фракции, изображенные на кинетических зависимостях выхода жидкости, приведены схемы экспериментальных установок и таблицы с результатами экспериментов, на основании которых строились кинетические зависимости. На основании проведенных исследований была разработана принципиальная схема установки по получению пиролизного топлива.*

**Ключевые слова:** пиролизное топливо; конденсация; фракционная перегонка; органические отходы; термическая переработка.

## Processing of organic waste into pyrolysis fuel

R.G. Safin<sup>a</sup>, V.G. Sotnikov<sup>b</sup>, A.N. Zagirov<sup>c</sup>, R.A. Miftakhov<sup>d</sup>

Kazan National Research Technological University; 68, Karl Marx St., Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>a</sup> safin@kstu.ru, <sup>b</sup> vcvcvc12345678@gmail.com, <sup>c</sup> aidarzagirov98@mail.ru, <sup>d</sup> vcvcvc12345678@gmail.com

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6202-5487>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6202-5487>,

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9804-4236>, <sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4654-3353>

Received 10.10.2022, accepted 21.10.2022

*Today, the issue of recycling organic waste is very relevant. Waste raw materials can be used to produce useful household products, such as biofuels. In this paper, a method of slow thermal decomposition of solid organic waste with subsequent separation into pyrolysis fuel and various compounds is considered. The basic information on the processing of organic waste into pyrolysis biofuel is presented. The main methods of pyrolysis gas separation are shown. The main method for obtaining pyrolysis fuel, discussed in this article, is the process of thermal decomposition of organic waste. During the study, the resulting pyrolysis distillate is subjected to a separation process. As a result, various fractions are obtained, shown on the kinetic dependences of the liquid yield, schemes of experimental setups and tables with the results of experiments are given, on the basis of which the kinetic dependences are built. On the basis of the experiments carried out, a schematic diagram and the principle of operation of the installation for the production of pyrolysis fuel are developed.*

**Key words:** pyrolysis fuel; condensation; fractional distillation; organic waste; thermal processing.

**Введение.** В настоящее время в энергетической отрасли разрабатываются новые технологии в качестве замены уже имеющихся, основанных на использовании невозобновляемых ископаемых ресурсов. Новые технологии основаны на использовании возобновляемых ресурсов, к которым относятся органические отходы, из которых получают жидкое биотопливо [1; 2].

Переработка органических отходов в жидкое биотопливо осуществляется методом быстрого кондуктивного пиролиза, в результате которого

возможно получение пиролизного топлива. Полученное в результате пиролиза топливо не является готовым продуктом, в его состав входит много побочных компонентов. Поэтому существует необходимость разделять пиролизное топливо на отдельные фракции, которые уже являются готовыми продуктами [3]. Существуют следующие способы сепарации пиролизного топлива: гравитационное отстаивание, центробежная сепарация, фракционная перегонка, экстракция [4].

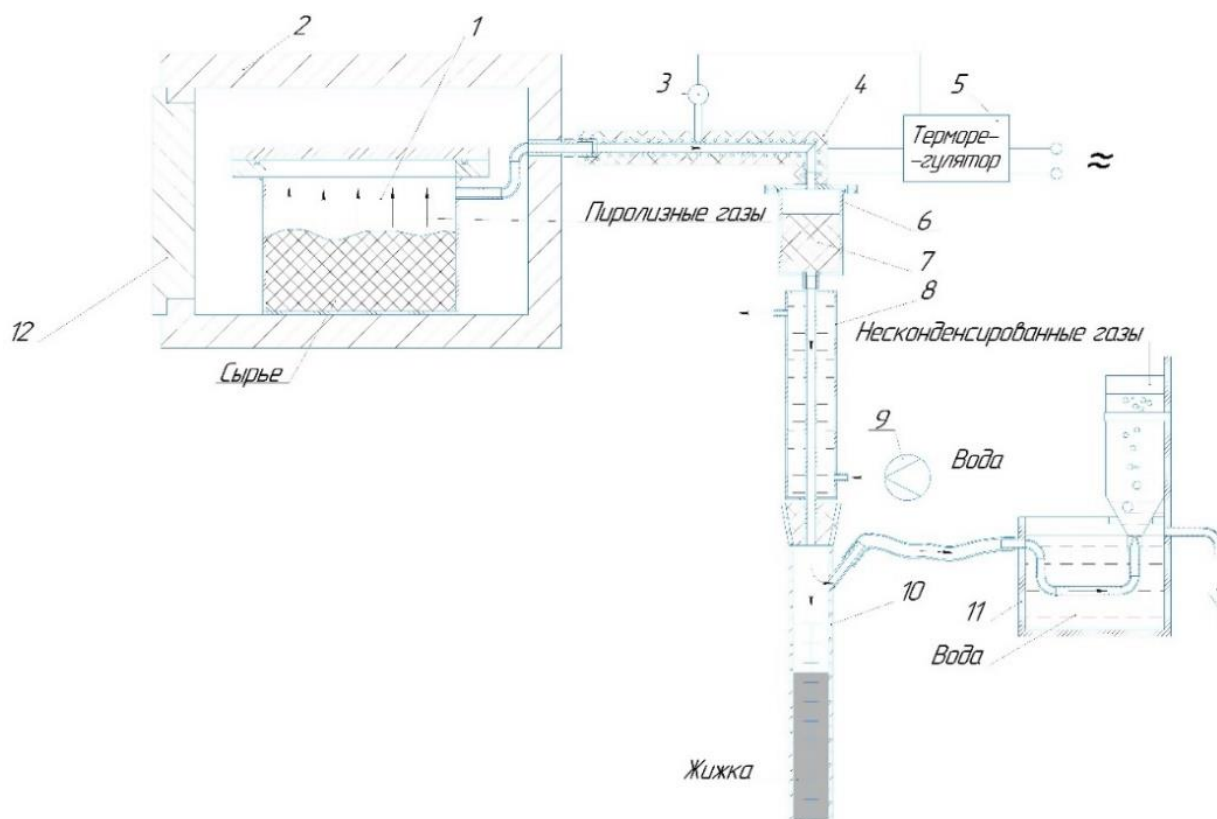
В данной работе сепарация пиролизной жидкости происходит за счет дистилляции [5].

Процесс сепарации протекает за счет разности температур кипения компонентов, пиролизной жидкости. В результате дистилляции пиролизной жидкости образуются различные фракции. Наибольшую ценность представляет горючая фракция, которая может применяться в качестве топлива [6]. Из других фракций можно выделить различные спирты, кислоты, которые также широко применяются в промышленности [7].

**Методы и материалы.** Были проведены эксперименты по получению пиролизного топлива из щепы сосны методом кондуктивного пиролиза. Затем пиролизную жидкость разделили на различные фракции методом дистилляции [8].

Процесс термического разложение проходил следующим образом (рис. 1): в пиролизную камеру 1, расположенную в муфельной печи 2, загружали измельченные древесные отходы. В пиролизной камере под воздействием температуры 500 °С происходил распад древесных отходов на древесный уголь и пиролизный газ, который затем поступал в конденсатор 8 через подогреваемый патрубок 4 и смолоуловитель 6. В смолоуловителе расположена насадка из металлической стружки, которая улавливает частицы смолы, уходящие вместе с пиролизными газами [9].

В конденсаторе 8 под воздействием охлаждающего агента (воды) пиролизные газы сепарировались в пиролизную жидкость, которая стекала в мерную колбу 10. Несконденсированные газы отводились в сборник газов 11, где замерялись их объем и скорость выделения.



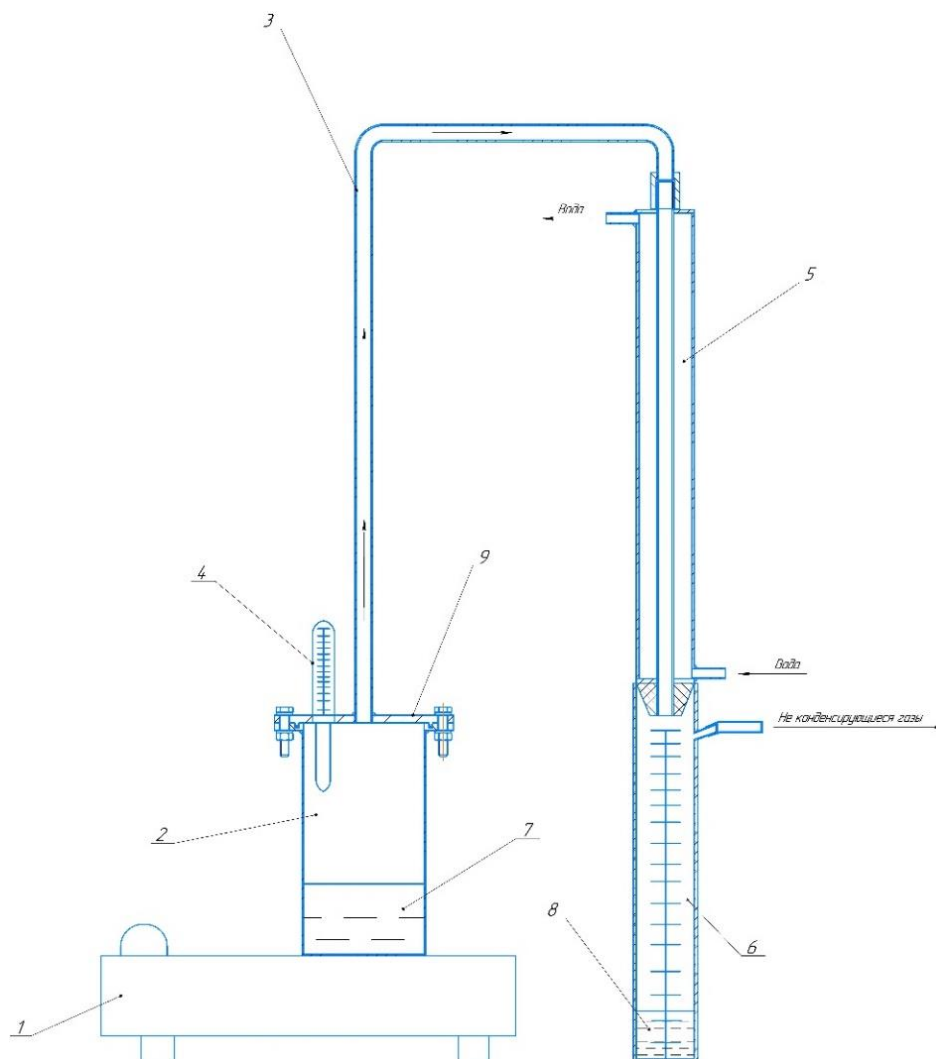
**Рис. 1.** Схема экспериментальной установки пиролиза: 1 — пиролизная камера; 2 — муфельная печь; 3 — термопара; 4 — подогреваемый патрубок; 5 — терморегулятор; 6 — смолоуловитель; 7 — насадка из металлической стружки; 8 — конденсатор; 9 — расходомер; 10 — мерная колба; 11 — сборник газов с гидрозатвором; 12 — крышка муфельной печи

Процесс сепарации дистиллята заключается в том, что пиролизную жидкость, полученную при термическом разложении древесных отходов, подвергают нагреву и последующей дистилляции. Эти исследования проводились при трех режимах. Первый режим заключался в использовании в качестве исходного сырья пиролизной жидкости, полученной при термической переработке сырья в течение 90 мин [10]. Второй режим заключался в использовании пиролизной жидкости, полученной при термической переработке сырья в течение 70 мин, при этом дистиллят пиролизной жидкости смешали с дистиллированной водой в соотношении 50:50. Третий

режим заключался в использовании в качестве исходного сырья пиролизной жидкости, полученной в течение 70 мин. Данные исследования проводились на лабораторной установке, изображенной на рис. 2.

Лабораторная установка состоит из следующих конструктивно связанных элементов: нагревательной плитки 1, на которой располагается стеклянная емкость 2, закрываемая крышкой 9. К крышке 9 присоединен термометр 4 для определения температуры паров. Также к крышке 9 приварен канал для отвода газов 3, который соединен с конденсатором 5 при помощи резьбового соединения. К конденсатору 5

присоединена мерная колба *б*, в которую стекает дистиллят [11].



**Рис. 2.** Схема экспериментальной установки по сепарации: *1* — нагревательная плита; *2* — емкость; *3* — канал отвода газов; *4* — термометр; *5* — конденсатор; *6* — мерная колба; *7* — пиролизная жидкость; *8* — дистиллят; *9* — крышка

Проведение эксперимента по сепарации начинается с того, что в емкость *2* заливают пиролизную жидкость, полученную после термической переработки сырья. Емкость закрывают крышкой *9*, к которой присоединен термометр *4* для определения температуры. К крышке *9* приварен канал для отвода газов *3*. Емкость *2* устанавливают на нагревательную плиту *1*. Пиролизная жидкость нагревается до точки кипения, где из нее выделяются компоненты, которые отводятся через канал *3* в конденсатор *5*. В конденсаторе *5* происходит частичная конденсация пиролизных газов посредством хладагента (воды) [12]. Сконденсировавшаяся

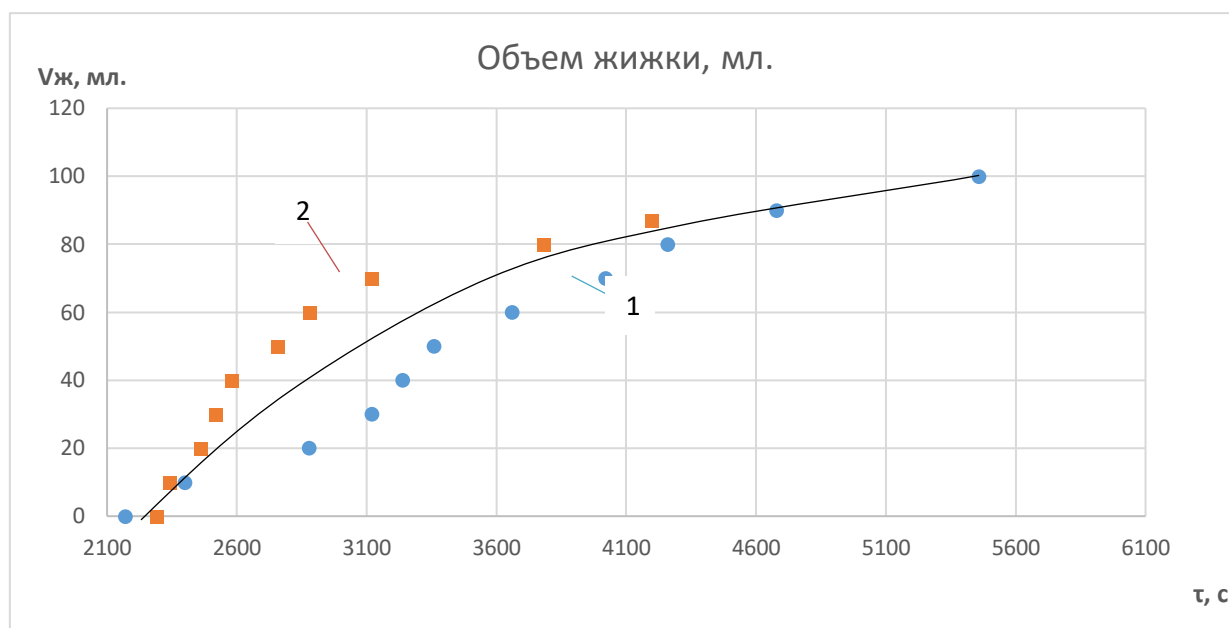
жидкость отводится в мерную колбу *б*. Не конденсирующиеся газы отводятся из мерной колбы *б* в атмосферу.

Во время проведения эксперимента фиксируются время, температура кипения жидкости  $T_k$  и объем дистиллята  $V_{ж}$ . Благодаря этому мы можем разделить пиролизную жидкость на фракции. Эксперимент заканчивается при перегонке 90 % пиролизной жидкости, потому что оставшиеся 10 % образуют смолистый остаток [13].

**Результаты.** В табл. 1 приведен удельный выход продуктов пиролиза щепы сосны исходной массой 180 г.

**Таблица 1.** Удельный выход продуктов пиролиза

Полученные вещества	Удельная доля, %	Выход продукта	
		Масса, г	Объем, л
Уголь	30,2	54,4	—
Пиролизный дистиллят (жидка)	55,5	100,0	—
Газ	5,0	—	9,0
Смола	9,3	16,6	—



**Рис. 3.** Кинетическая зависимость объемного выхода жидкости от времени термического разложения щепы сосны: 1 — 90 мин; 2 — 70 мин

По результатам исследования был построен график (рис. 3) объемного выхода жидкости по времени. На графике видно, что при пиролизе в течение 90 мин количество полученной пиролизной жидкости было больше, чем при пиролизе, который проходил в течение 70 мин, потому что с увеличением продолжительности пиролиза количество выходящих жидких продуктов пиролиза будет увеличиваться.

В результате проведения исследований по

сепарации пиролизного дистиллята были получены данные, записанные в табл. 2–4. На их основании построены кинетические зависимости, изображенные на рис. 4–6.

Сырьем для первого эксперимента по сепарации была пиролизная жидкость массой 100 г, полученная из древесной щепы (сосны) при температуре 500 °С в течение 90 мин. Данные, полученные во время проведения первого эксперимента, записаны в табл. 2.

**Таблица 2.** Результаты фракционной перегонки пиролизной жидкости, полученной при пиролизе в течение 90 мин

Время перегонки, $t_c, c$	Температура кипения, $T_k, ^\circ C$	Объем жидкости, $V_{ж}, ml$	Масса жидкости, $m, g$	Примечания
0	90,0	0	–	Негорючая фракция
1 140	99,6	5	–	
1 500	100,0	5	5,65	
1 740	100,0	0	–	Горючая фракция
1 800	100,0	10	–	
2 520	100,0	30	–	
3 180	101,0	40	41,90	
3 300	101,0	0	–	Кислоты
3 660	120,0	5	7,21	
–	–	–	20,25	Смолистый остаток

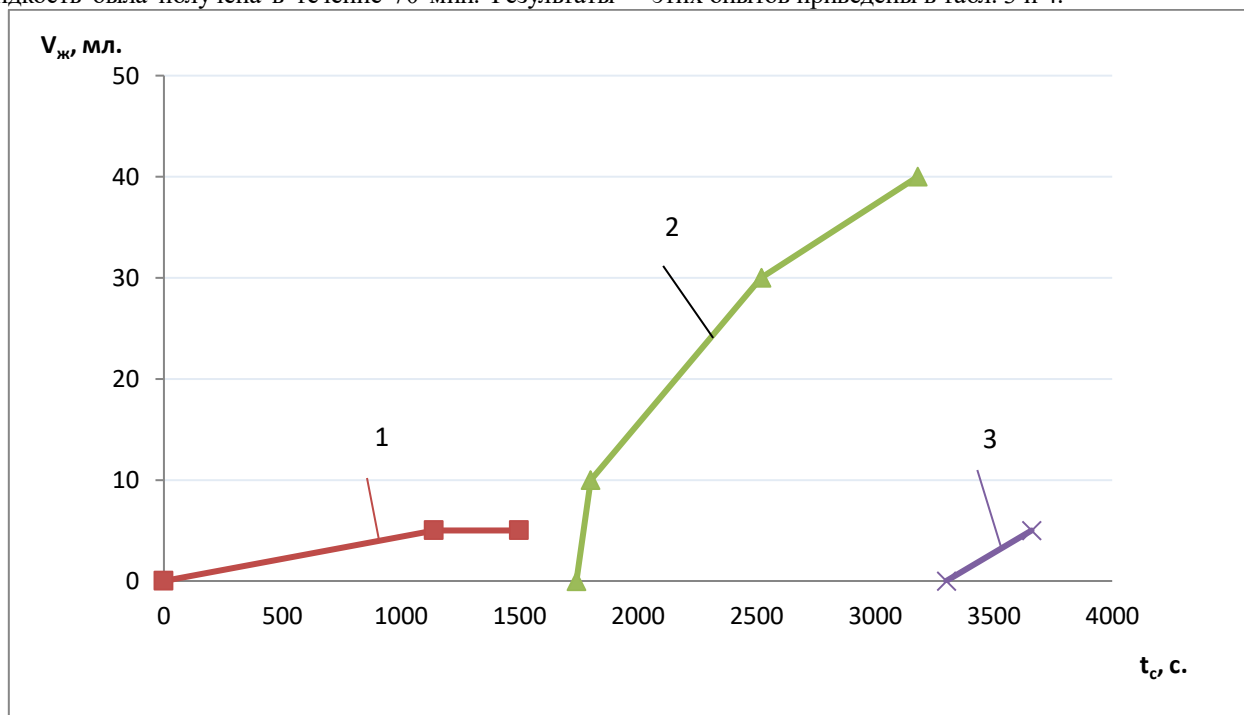
По данным табл. 2 построен график (см. рис. 4), на котором изображается объемный выход продуктов дистилляции по времени. На данном графике отображается, к каким фракциям относятся полученные продукты, а также количественная величина сепарированных продуктов пиролизного дистиллята.

На рис. 4 изображен график зависимости объема сконденсированной жидкости по времени

дистилляции, на основании которого можно сделать вывод о том, что были получены три разные фракции. Используя для анализа табл. 3 и график на рис. 4, можно сделать вывод, что фракции различаются по температуре кипения. Больше всего было получено жидкости горючей фракции при температуре кипения 100 °С.

Были проведены еще два опыта по сепарации пиролизных газов. Главное отличие этих опытов от предыдущего заключается в том, что пиролизная

жидкость была получена в течение 70 мин. Результаты этих опытов приведены в табл. 3 и 4.



**Рис. 4.** Кинетическая зависимость объемного выхода фракций из пиролизной жидкости, полученной при термическом разложении в течение 90 мин: 1 — 1-я фракция (негорючая); 2 — 2-я фракция (горючая); 3 — 3-я фракция (кислоты)

**Таблица 3.** Результаты перегонки в токе водяного пара пиролизной жидкости, полученной при пиролизе в течение 70 мин (1-й эксперимент)

Время перегонки, tс, с	Температура кипения, Tк, °C	Объем жидкости, Vж, мл	Масса жидкости, m, г	Примечания
0	43,0	0		Вода и горючая фракция
2 563	99,0	1		
2 868	100,0	5		
3 198	100,0	10		
3 463	100,0	20		
3 983	100,0	30		
4 305	100,0	40		
4 584	100,5	50		
5 116	100,9	58	50,86	Кислоты
5 379	102,0	1		
5 465	104,0	5		
5 606	104,0	10		
5 934	110,0	11	6,65	Смолистый остаток
—	—	—	11,45	

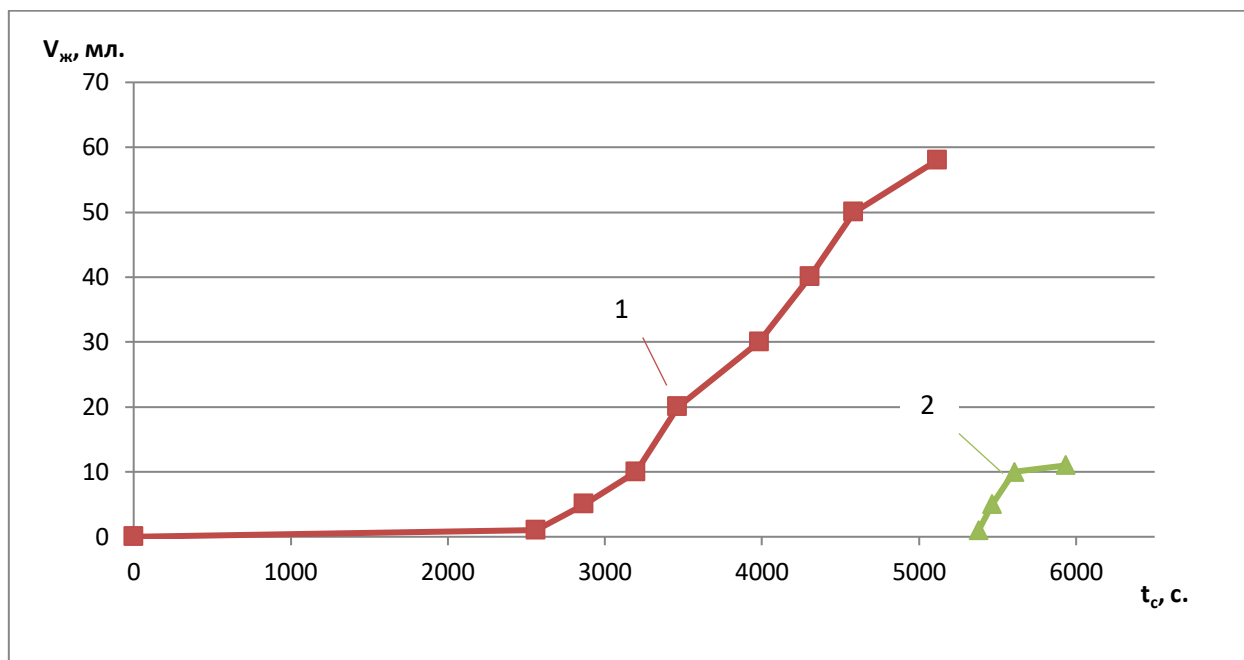
По данным табл. 3 был построен график (см. рис. 5), изображающий зависимость выхода дистиллята по времени термического разложения. Анализируя табл. 3 и график на рис. 5, можно сделать вывод, что было получено больше всего, две фракции, при температуре кипения от 99–100 °C.

Второй эксперимент по сепарации предусматривал смешение пиролизной жидкости с дистиллированной водой при объемном соотношении 50:50, т. е. сначала в емкость для проведения эксперимента была залита вода массой 42,6 г, после чего к ней была добавлена

пиролизная жидкость массой 46,4 г, полученная во время пиролиза в течение 70 мин. Как видно на графике, были получены две разные фракции.

В табл. 4 приведены данные третьего эксперимента по сепарации пиролизного дистиллята. В качестве исходного сырья использовалась пиролизная жидкость массой 71 г, полученная в результате пиролиза, проходившего в течение 70 мин.

По данным табл. 4 построен график, изображенный на рис. 6.



**Рис. 5.** Кинетическая зависимость объемного выхода фракций пиролиза после перегонки в токе водяного пара пиролизной жидкости, полученной при термическом разложении в течение 70 мин в смешении с дистиллированной водой (1-й опыт): 1 — 1-я фракция (вода и горючая фракция); 2 — 2-я фракция (кислоты)

**Таблица 4.** Результаты фракционной перегонки пиролизной жидкости, полученной при пиролизе в течение 70 мин (3-й эксперимент)

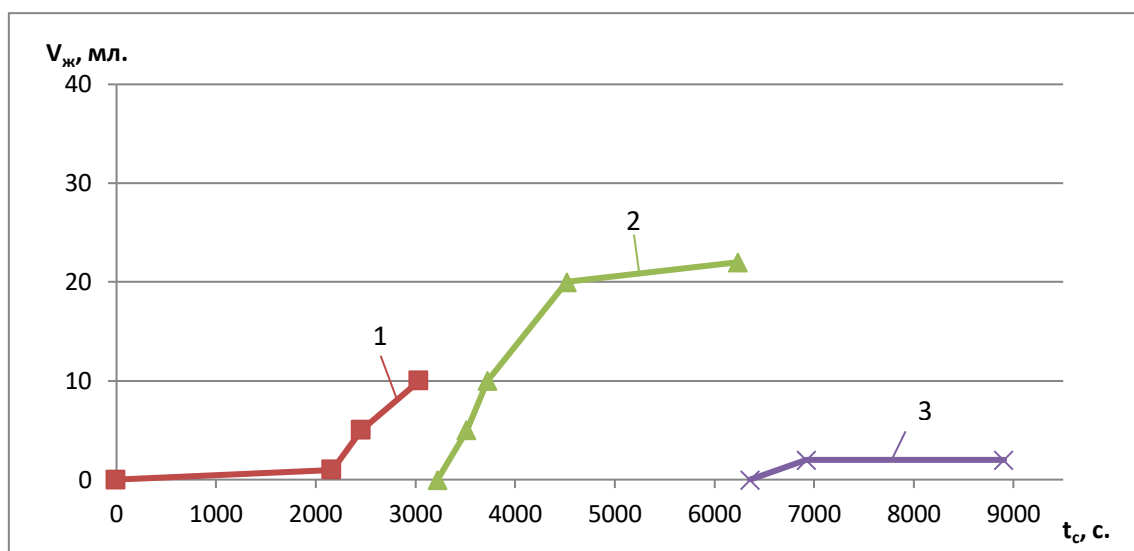
Время перегонки, t <sub>с</sub>	Температура кипения, T <sub>к</sub> , °C	Объем жидкости, V <sub>ж</sub> , мл	Масса жидкости, m, г	Примечание
0	20	0	—	Негорючая фракция
2 165	99	1	—	
2 457	100	5	—	
3 040	100	10	7,34	Горючая фракция
3 222	101	0	—	
3 515	101	5	—	
3 725	101	10	—	
4 519	101	20	—	Кислоты
6 237	101	22	15,91	
6 358	101	0	—	
6 924	105	2	—	Смолистый остаток
8 907	109	2	0,82	
—	—	—	13,32	

На графике (рис. 6) изображена кинетическая зависимость объемного выхода жидкости, из которой видно, что были получены 3 фракции дистиллята. Анализируя табл. 4 и график на рис. 6, можно сделать вывод, что самое большое количество дистиллята было получено при температуре 101 °C. Оно относится к горючей фракции.

Анализируя графики на рис. 4–6, можно сделать вывод, что смешение дистиллята пиролиза с дистиллированной водой дает лучший результат по сравнению с сепарацией чистого пиролизного

дистиллята. В свою очередь, отделение кислот от горючей фракции положительно сказывается на чистоте биотоплива. Рис. 4, 6 показывают, что более длительное время термического разложения положительно сказывается на выходе горючей фракции. Однако при временном режиме 70 мин выход органических негорючих соединений выше.

Для сравнения свойств полученного пиролизного топлива представлена табл. 5, где приведены свойства основных видов жидкого моторного топлива [14; 15].



**Рис. 6.** Кинетическая зависимость объемного выхода фракций из пиролизной жидкости, полученной при термическом разложении в течение 70 мин (2-й опыт): 1 — 1-я фракция (негорючая); 2 — 2-я фракция (горючая); 3 — 3-я фракция (кислоты)

**Таблица 5.** Свойства жидкого моторного топлива различного происхождения

Топливо	Теплота сгорания, $Q', \text{ГДж/т}$	Нефтяной эквивалент, $\text{ТОЕ}, \text{т/м}^3$	Температура кипения, $T_k, ^\circ\text{C}$
Дизтопливо	42,70	0,86	240–400
Бензин	43,80	0,78	33–205
Биодизель В100	37,50	0,79	50–60
Биоэтанол	26,70	0,5	78,39
Полученное экспериментально топливо	32,4	0,69	100–101

*Примечание.* 1 т нефтяного эквивалента соответствует 1,428 т условного топлива, или 41,87 ГДж.

На основании табл. 5 можно сделать вывод, что полученное экспериментальное пиролизное топливо не уступает существующим аналогам, и его вполне можно использовать в производстве.

В табл. 6 приведены в процентном соотношении продукты, входящие в состав экспериментального пиролизного топлива.

**Таблица 6.** Химический состав жидких продуктов пиролиза древесины

Основные компоненты	Содержание, %	
	В смоле	В дистилляте
Пиролизный лигнин	–	16.0–35.0
Кислоты	18.5–36.5	12.5–25
Фенолы и производные фенолов	7.5–14.5	5.0–10.0
Альдегиды и кетоны	12.5–36.5	8.5–25
Фураны и фурановые производные	7.5–14.5	5.0–10.0
Спирты	1.5–7.5	1.0–5.0
Углеводы	4.5–10.0	3.0–7.0
Эфиры (простые и сложные)	1.5–3.0	1.0–2.0
Алканы и алкены	1.5–3.5	1.0–2.0

По результатам исследования была разработана принципиальная схема (рис. 7) установки по получению пиролизного топлива [16]. Эта установка относится к устройствам для производства пиролизного топлива из

биомассы мелкокораздробленной древесины и может быть использована в удаленных районах лесного и сельского хозяйства, имеющих ограниченный доступ к нефтяным ресурсам и продуктам их переработки [17].

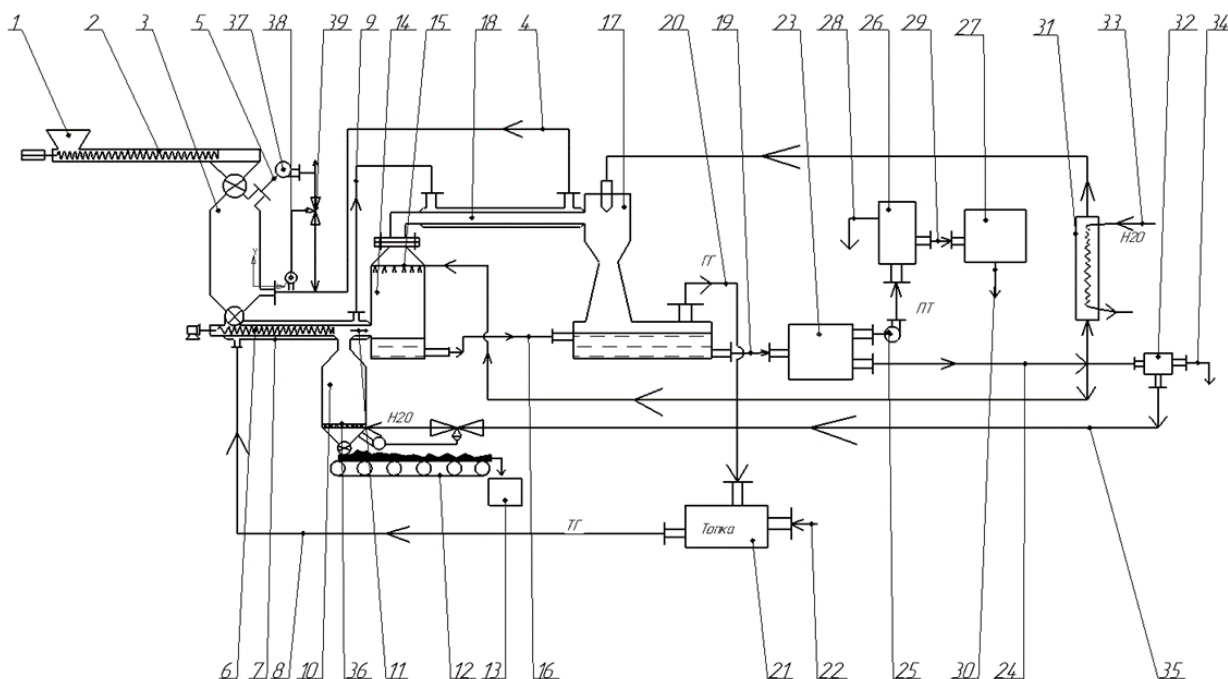


Рис. 7. Схема установки для производства пиролизного топлива

Принцип действия установки заключается в следующем. Исходное дисперсное сырье (ИДС), предварительно измельченное до размера 5–10 мм, поступает в накопительный бункер 1. Из накопительного бункера 1 ИДС поступает в канал подачи частиц 2, откуда оно попадает в сушильную камеру 3 шахтного типа, где происходит конвективная сушка топочными газами. Высушенное ИДС поступает в пиролизный аппарат 6. Внутри пиролизного аппарата под воздействием температуры ( $500^{\circ}\text{C}$ ) происходит быстрый абляционный пиролиз, и ИДС распадается на твердые продукты пиролиза (уголь) и газообразные продукты пиролиза (пиролизный газ) [18]. Пиролизные газы сразу поступают через канал отвода газообразных продуктов пиролиза 11 в конденсатор первой ступени 14. Это позволяет избежать конденсации смолистых веществ в канале подвода пиролизного газа в конденсатор первой ступени.

В конденсаторе первой ступени 14, под действием хладагента, подаваемого из коллектора 15, пиролизные газы сепарируются на первичный конденсат и не сконденсировавшиеся газы. Первичный конденсат отводится через каналы отвода 16 в конденсатор второй ступени 17. Не сконденсировавшиеся газы, образовавшиеся в конденсаторе первой ступени, отводятся через всасывающую линию 18 в конденсатор второй ступени 17 эжекцией переохлажденной водой. В конденсаторе второй ступени 17 пиролизный газ разделяется на конденсат и не сконденсировавшиеся газы, которые отводятся в камеру горения 21 через канал отвода 20.

В камере горения не сконденсировавшиеся газы смешиваются с подогретым воздухом, поступающим из канала 22, и сгорают, образуя топочный газ, который последовательно проводят через канал подвода

топочного газа 8 в рубашки пиролизного аппарата 6 и всасывающей линии 18. Затем топочные газы отводят через канал 4 в сушильный аппарат 3 в качестве теплоносителя. Из сушильной камеры топочные газы отводятся через канал 5 в газодувку 37. Из конденсатора второй ступени вторичный конденсат отводится через канал отвода 19 в центробежный сепаратор 23. В нем происходит сепарирование вторичного конденсата на пиролизное топливо и воду [19].

Сепарированная вода из центрифуги 23 параллельно отводится через канал 24 в коллектор подачи хладагента 15 конденсатора первой ступени 14, в водяной теплообменник 31 и в буферную емкость 32. Охлажденная сепарированная вода из теплообменника 31 эжектирует вторичные пиролизные газы в конденсатор второй ступени. Из буферной емкости 32 сепарированная вода отводится через канал 35 в коллектор подачи хладагента 36 камеры для охлаждения угля 11, а избыток воды отводится через канал отвода 34 в очистные сооружения.

Пиролизное топливо отводится насосом 25 в блок очистки 26, где происходит удаление через канал 28 загрязняющих веществ из пиролизного топлива. В блоке очистки 26 происходит выделение углеводородной смеси, содержащей бензиновую и дизельную фракции. Из блока очистки 26 пиролизное топливо отводится через канал 29 в блок стабилизации 27. В блоке стабилизации 27 производится ввод присадок для доведения характеристик до стандартных требований, предъявляемых к фракционному составу пиролизного топлива, до требуемого октанового числа. Из блока стабилизации пиролизное топливо отводится через канал 30 в емкость для сбора готового пиролизного топлива [20].



**Заключение.** Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее перспективным направлением в энергетике являются технологии, которые предусматривают использование возобновляемых ресурсов, к которым относится и жидкое биологическое топливо. В качестве сырья для производства биотоплива можно использовать биомассу органического происхождения, включая отходы промышленных производств.

Переработка древесных отходов осуществляется в основном методом пиролиза, в результате чего получают пиролизную жидкость, карбонизат и несконденсированный горючий газ. Полученная пиролизная жидкость подвергается дальнейшей переработке. Дистиллят пиролиза разделяют на отдельные компоненты, горючая часть которых является биотопливом.

#### Литература

- Кошелев Ю.А., Агеева Л.Д. Облепиха. Бийск: БПГУ им. В.М. Шушкина, 2004. С. 320.
- Наумова Н.Л., Велисевич Е.А. Химический состав плодов облепихи крушиновидной // *Modern Science*. 2021. № 11-1. P. 28-31.
- Tiitinen K., Nakala M., Kallio H. Летучие вещества из замороженных ягод облепихи (*Hipporhae rhamnoides L.*) // *Европейские пищевые исследования и технологии*. 2006. № 223. С. 455-460.
- Kang S., Karoog H.C. (2001). Антиоксиданты во фруктах и овощах. Здоровье тысячелетия // *Международный журнал пищевой науки и техники*. 2001. № 33. P. 703-725.
- Ли Т.С.С. Разработка продукции облепихи // *Тенденции в новых культурах и новых применениях*. Александрия: ASHS Пресс, 2002. С. 393-398.
- Скуридин Г.М. Новое в технологии переработки плодов облепихи // *Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VII Всерос. конф. с междунар. участием (24-28 апр. 2017 г.)*. Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2017. С. 160-162.
- Золотарева А.М. Технология переработки облепихового сока // *Вестн. ВСГТУ*. 2009. № 1. С. 66-71.
- Кузнецова Е.А., Завражнов А.И. Проблемы производства плодово-ягодных соков функционального назначения // *Материалы 68-й науч.-практической конф. студентов и аспирантов*. Мичуринск, 2016. С. 278-281.
- Скороспелова Е.В., Михайлова О.Ю., Шелковская Н.К. Совершенствование технологии приготовления концентрированных соков из плодов и ягод алтайских сортов // *Ползуновский вестн.* 2021. № 2. С. 7-13.
- Артиков А.А., Абдурахмонов О.Р. Концентрирование соков в системе центрифугирования - выпаривание // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2006. № 4. С. 27-28.
- Емельянов А.А., Емельянов К.А. Способ получения восстановленного сока: пат. № 2369273 С1 Рос. Федерация, МПК А23L 2/08. № 2008107648/13; заявл. 27.02.2008; опубл. 10.10.2009.
- Алексеев Е.В., Дикарева Ю.М. Исследование биохимических характеристик облепихового концентрата // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2012. № 2. С. 21-24.
- Из полученных после сепарации фракций можно получить биодизель, уксусную и муравьиную кислоты, спирты. Данные вещества можно применять в различных отраслях промышленности и в качестве топлива или масел для автомобилей.
- Разработана принципиальная схема установки для получения пиролизного топлива. В установке сокращены потери энергии с уходящими газообразными продуктами сгорания (топочными газами). Кроме того, установка надежна в эксплуатации, так как конденсация пиролизных газов осуществляется эжекцией сепарированной воды, выделенной центробежным аппаратом. Данная установка позволяет получать не только пиролизное топливо, но и древесный уголь для использования в удаленных районах лесного и сельского хозяйства, которые имеют ограниченный доступ к нефтяным ресурсам и продуктам их переработки.
- Панченко С.Л. Исследование процесса концентрирования настоев плодово-ягодного сырья методом вымораживания // *Приоритетные направления развития науки в современном мире: сб. науч. ст. по материалам VII Междунар. науч.-практической конф. (2 февр. 2022 г.)*. Уфа: ООО «Науч.-изд. центр «Вестник науки», 2022. С. 15-20.
- Траубенберг С.Е., Дикарева Ю.М., Остащенко Н.В. Способ получения концентрата облепихи: пат. № 2454880 С1 Рос. Федерация, МПК А23L 2/00. № 2010152040/13; заявл. 21.12.2010; опубл. 10.07.2012.
- Афанасьева М.М., Контарева В.Ю. Применение мембранных процессов при производстве соков и соковой продукции // *Аспекты животноводства и производства продуктов питания: материалы междунар. науч.-практической конф., посвящ. 110-й годовщине со дня рождения П.Е. Ладана (пос. Персиановский, 28-29 нояб. 2018 г.)*. пос. Персиановский: ФГБОУ ВПО «Донской гос. аграрный ун-т», 2018. С. 201-204.
- Стукова К.Д. Технология производства концентрированных плодово-овощных соков // *Молодежь и наука*. 2020. № 2. С. 52.
- Емельянов А.А., Емельянов К.А. Способ получения восстановленного сока: пат. № 2369273 С1 Рос. Федерация, МПК А23L 2/00; заявл. 27.02.2008; опубл. 10.10.2009.
- Москаленко Р.И., Макштыле И.А., Машктылене З.Б. Способ получения диффузионного сока из плодово-ягодной или виноградной выжимки: авт. свид. № 646977 А1 СССР, МПК А23L 2/02. № 2311888; заявл. 06.01.1976; опубл. 15.02.1979.
- Емельянов К.А. Метод получения восстановленного сока // *Инновационные технологии - основа модернизации отраслей производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы междунар. науч.-практической конф. (5-7 июля 2011 г.)*. Волгоград: ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции Россельхозакадемии, 2011. С. 313-316.
- Ройтман Ф.С. Сок с мякотью: пат. № 2001587 С1 Рос. Федерация, МПК А23L 2/02 № 5036484; заявл. 08.04.1992; опубл. 30.10.1993.
- Величко Н.А., Авдиенко А.И. Проектирование технологической линии для производства

- купажированного сока из мелкоплодных яблок и ягод облепихи // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы XIV междунар. науч.-практической конф. (22-23 апр. 2015 г.). Красноярск: Красноярский гос. аграрный ун-т, 2015. С. 124-126.
22. Кузнецова Е.А., Завражнов А.И. Содержание кислорода в соке и соковой продукции при использовании процесса вакуумирования // Наука в центральной России. 2018. № 3 (33). С. 78-85.
  23. Сафин Р.Г., Сафина А.В., Валеев К.В., Фахрутдинов Р.Р. Способ получения композиционного материала на основе отходов текстильной промышленности и арабиногалактана // Изв. высш. учеб. заведений. Технология текстильной пром-сти. 2021. № 6 (396). С. 297-302.
  24. Сафин Р.Г., Арсланова Г.Р., Валеев К.В. Обзор исследований в области извлечения биологически активных и дубильных веществ из древесины лиственницы // Деревообрабатывающая пром-сть. 2020. № 1. С. 15-25.
  12. Alekseenko E.V., Dikareva YU.M. Study of biochemical characteristics of sea buckthorn concentrate // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2012. № 2. P. 21-24.
  13. Panchenko S.L. Study of concentrating infusions of fruit-berry raw materials by freezing // Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki v sovremennom mire: sb. nauch. st. po materialam VII Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (2 fevr. 2022 g.). Ufa: OOO «Nauch.-izd. centr «Vestnik nauki», 2022. P. 15-20.
  14. Traubenberg S.E., Dikareva YU.M., Ostashenkova N.V. Method of obtaining sea buckthorn concentrate: pat. № 2454880 C1 Ros. Federaciya, MPK A23L 2/00. № 2010152040/13; zayavl. 21.12.2010; opubl. 10.07.2012.
  15. Afanas'eva M.M., Kontareva V.YU. Application of membrane processes in the production of juices and juice products // Aspekty zhivotnovodstva i proizvodstva produktov pitaniya: materialy mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf., posvyashch. 110-j godovshchine so dnya rozhdeniya P.E. Ladana (pos. Persiansovskij, 28-29 noyab. 2018 g.). pos. Persiansovskij; FGBOU VPO «Donskoj gos. agrarnyj un-t», 2018. P. 201-204.
  16. Stukova K.D. Technology of production of concentrated fruit and vegetable juices // Molodezh' i nauka. 2020. № 2. P. 52.
  17. Emel'yanov A.A., Emel'yanov K.A. A method of obtaining the reconstituted juice: pat. № 2369273 C1 Ros. Federaciya, MPK A23L 2/00; zayavl. 27.02.2008; opubl. 10.10.2009.
  18. Moskalenko R.I., Makshtyale I.A., Mashktyalene Z.B. Method of obtaining diffusion juice from fruit and grape extracts: avt. svid. № 646977 A1 SSSR, MPK A23L 2/02. № 2311888; zayavl. 06.01.1976; opubl. 15.02.1979.
  19. Emel'yanov K.A. Method of recovered juice // Innovacionnye tekhnologii - osnova modernizacii otraslej proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: materialy mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (5-7 iyulya 2011 g.). Volgograd: GNU Povolzhskij NII proizvodstva i pererabotki myasomolochnoj produkcii Rossel'hozokademii, 2011. P. 313-316.
  20. Rojzman F.S. Juice with pulp: pat. № 2001587 C1 Ros. Federaciya, MPK A23L 2/02 № 5036484; zayavl. 08.04.1992; opubl. 30.10.1993.
  21. Velichko N.A., Avdienko A.I. Designing a technological line for the production of blended juice from small apples and sea buckthorn berries // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: materialy XIV mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (22-23 apr. 2015 g.). Krasnoyarsk: Krasnoyarskij gos. agrarnyj un-t, 2015. P. 124-126.
  22. Kuznecova E.A., Zavrazhnov A.I. Oxygen content in juice and juice products when using the process of vacuumization // Science in the central Russia. 2018. № 3 (33). P. 78-85.
  23. Safin R.G., Safina A.V., Valeev K.V., Fahrutdinov R.R. A method for obtaining a composite material based on textile industry waste and arabinogalactan // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. 2021. № 6 (396). P. 297-302.
  24. Safin R.G., Arslanova G.R., Valeev K.V. Review of research in the field of extraction of biologically active and tannins from larch wood // Derevoobrabativaushaya promishlennost' (Woodworking industry). 2020. № 1. P. 15-25.

#### References

1. Koshelev YU.A., Ageeva L.D. Sea buckthorn: BPGU im. V.M. Shushkina, 2004. P. 320.
2. Naumova N.L., Velisevich E.A. Chemical composition of sea buckthorn fruits // Modern Science. 2021. № 11-1. P. 28-31.
3. Tiitinen K., Hakala M., Kallio H. Volatile substances from frozen sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L.) // European Food Research and Technology. 2006. № 223. P. 455-460.
4. Kaur C., Kapoor H.C. Antioxidants in fruits and vegetables - The Millennium's health // Intern.Journal of Food Sci. and Techn. 2001. V. 36. P. 703-725.
5. Li T.S.C. Development of sea buckthorn products // Trends in new crops and new applications. Aleksandriya: ASHS Press, 2002. P. 393-398.
6. Skuridin G.M. New in the technology of sea buckthorn fruit processing // Novye dostizheniya v himii i himicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya: materialy VII Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem (24-28 apr. 2017 g.). Barnaul: Altajskij gos. un-t, 2017. P. 160-162.
7. Zolotareva A.M. Processing technology of sea buckthorn juice // ESSUTM Bulletin. 2009. № 1. P. 66-71.
8. Kuznecova E.A., Zavrazhnov A.I. Problems of production of fruit-berry juices with functional purpose // Materialy 68-j nauch.-prakticheskoy konf. studentov i aspirantov. Michurinsk, 2016. P. 278-281.
9. Skorospelova E.V., Mihajlova O.YU., Shelkovskaya N.K. Improvement of technology for the preparation of concentrated juices from fruits and berries of the Altai varieties // Polzunovskij vestn. 2021. № 2. P. 7-13.
10. Artikov A.A., Abdurahmonov O.R. Juice concentration in centrifugation-evaporation system // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2006. № 4. P. 27-28.
11. Emel'yanov A.A., Emel'yanov K.A. Method of reconstituted juice production: pat. № 2369273 C1 Ros. Federaciya, MPK A23L 2/08. № 2008107648/13; zayavl. 27.02.2008; opubl. 10.10.2009.