

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2022, №1 Том 9 / 2022, No 1, Vol 9 <https://resources.today/issue-1-2022.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/02NZOR122.pdf>

DOI: 10.15862/02NZOR122 (<https://doi.org/10.15862/02NZOR122>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Савельев, Ю. В. Биотехнологический потенциал лесных регионов России и технико-экономическое обоснование комплексной переработки лесного биотехнологического сырья / Ю. В. Савельев // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 1. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/02NZOR122.pdf> DOI: 10.15862/02NZOR122

For citation:

Saveliev Yu.V. Biotechnological potential of the forest regions of Russia and a feasibility study for integrated processing of forest biotechnological resources. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 9(1): 02NZOR122. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/02NZOR122.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/02NZOR122

Савельев Юрий Владимирович¹

ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»
Северо-Западный институт управления, Санкт-Петербург, Россия
Профессор кафедры «Государственного и муниципального управления»
Доктор экономических наук
E-mail: yusaveliev@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9864-395X>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=110521

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/G-4234-2019>

Биотехнологический потенциал лесных регионов России и технико-экономическое обоснование комплексной переработки лесного биотехнологического сырья

Аннотация. В статье представлен обзор состояния, структуры и основных тенденций развития мирового и российского рынка биотехнологий с точки зрения оценки перспектив использования лесного биотехнологического потенциала российских регионов (дикорастущих ягод, грибов, лекарственного сырья, отходов лесозаготовительной промышленности). Дается детальная характеристика структуры мирового и российского биотехнологического рынка с обоснованием рыночных сегментов, наиболее интересных для продуктов, полученных на основе переработки лесного биотехнологического сырья. Автором представлены обзор наиболее конкурентоспособных и востребованных на рынке видов продукции на основе переработки лесного биотехнологического сырья (натуральных растительных экстрактов, сублимированных порошков, эфирных масел, гидролатов и других). В статье содержится обзор современных технологий экстракции растительного сырья (включая технологии водно-спиртовой экстракции, сверхкритической углекислотной экстракции, ультразвуковой экстракции, гидродинамической экстракции, паровой дистилляции, вакуумной циркуляционной экстракции и другие), а также дается технико-экономическое обоснование комплексной переработки лесных биотехнологических ресурсов и отходов лесозаготовки

¹ Фейсбук: <https://www.facebook.com/yusaveliev>

(зелёной массы хвойных древесных растений), предполагающее выбор наиболее эффективных технологий для переработки конкретных видов биотехнологического сырья. Обзор технологий сделан автором на основе анализа научных статей и публикаций, а также на основе опыта автора в сфере разработки и сопровождения реализации инвестиционных проектов в сфере лесных биотехнологий.

Ключевые слова: биотехнологии; лесные ресурсы; дикоросы; рынок биотехнологий; растительные экстракты; эфирные масла; технологии экстракции; комплексная переработка сырья; инвестиционная привлекательность; лесные регионы

Сегодня мировой рынок биотехнологий является одним из наиболее перспективных и стремительно растущих в мире, а межотраслевой биотехнологический комплекс — одним из наиболее инвестиционно привлекательных секторов экономики. По данным компании *Grand View Research* оборот мирового рынка биотехнологий в 2020 году составил 752,88 млрд долларов, а его среднегодовой рост в ближайшие 5–6 лет составит 15,83 %.² Эти показатели оказались существенно выше прогнозных оценок компании *Global Market Insight*, которые многие аналитики считали слишком оптимистичным (согласно их аналитическому обзору в 2017 году объем мирового рынка биотехнологий составил 339,4 млрд. долларов, а его среднегодовой рост до 2024 года ожидался на уровне 9,9 %).³

Такими беспрецедентными темпами роста рынок биотехнологий обязан, прежде всего, пандемии COVID-19, сгенерировавшей значительный дополнительный спрос на продукцию биофармацевтики. Вместе с тем, на его развитие оказали существенное влияние и тенденции ужесточения стандартов и широкого применения биотехнологических продуктов в пищевой и химической промышленности, сельском хозяйстве, природоохранной деятельности и энергетике (замещение ископаемых энергоресурсов на возобновляемые биоэнергетические ресурсы).

Сегодня принята «цветовая» классификация биотехнологии [1, с. 51]:

- «красная» биотехнология связана с обеспечением здоровья человека и потенциальной коррекцией его генома, а также с производством биофармацевтических препаратов (протеинов, дженериков (биостимуляторов), ферментов, антител и пр.);
- «зеленая» биотехнология направлена на разработку генетически модифицированных растений, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам;
- «белая» биотехнология включает в себя производство биотоплива, биотехнологии в пищевой, химической и нефтеперерабатывающей промышленности;
- «серая» биотехнология связана с осуществлением природоохранной деятельности;

² Biotechnology market size, share & trends analysis report by technology (DNA Sequencing, Nanobiotechnology), by application (Health, Bioinformatics), by region, and segment forecasts, 2021–2028 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biotechnology-market>. Дата обращения: 22.11.2021.

³ Global Market Insights. Краткие выдержки из обзора мирового биотехнологического рынка за 2017 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://biorosinfo.ru/kratie-vyderzhki-iz-obzora-mirovogo-biotekhnologicheskogo-rynka-za-2017-god>. Дата обращения: 22.11.2021.

- «синяя» биотехнология — с использованием морских сырьевых ресурсов.

На «красные биотехнологии (биофармацевтику и биомедицину) приходится около 60 % мирового рынка (или 451,7 млрд долларов в ценах 2020 г.); на «зеленые» и «белые» — 35 % (или 263,5 млрд долларов в ценах 2020 г.) на «серые» и «синие» биотехнологии — около 5 % (37,6 млрд долларов в ценах 2020 г.) мирового рынка.⁴ Несмотря на то, что прогноз компании *Frost & Sullivan* был сделан еще в 2014 году, укрупненная структура мирового рынка биотехнологий по его «цветовой» классификации в 2020 году сегодня несколько сдвинулась в сторону «красных» биотехнологий. Крупнейшими игроками на рынках биотехнологий являются крупные международные компании, базирующиеся преимущественно в США, Японии, Германии, Бельгии, Франции, Австралии и Китае. Доля же России на этом рынке сегодня составляет всего около 0,1 %.⁵

Но несмотря на это, многие российские регионы обладают существенным потенциалом для развития биотехнологического комплекса. Он связан, главным образом, с концентрацией высококачественных биотехнологических ресурсов и природного биотехнологического сырья, спрос на которые неуклонно растет на мировом рынке. Поэтому встраивание российских регионов и российских биотехнологических компаний в глобальные цепочки создания стоимости не только в качестве поставщиков сырья, но и с точки зрения размещения в регионах производства биотехнологических полуфабрикатов, фармацевтических субстанций, экстрактов, эфирных масел, концентратов, характеризующихся широким массовым спросом на биотехнологическом и смежных B2B-рынках, вполне возможно.

Наиболее перспективным развитием биотехнологий может стать для приморских и лесных регионов России, обладающих значительными водными и лесными биотехнологическими ресурсами. Предметом данной статьи является рассмотрение только лесных биотехнологических ресурсов. К ним относятся, главным образом, дикоросы (ягоды, грибы), лекарственное растительное сырье, а также отходы лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности (прежде всего, хвоя, остающаяся в составе порубочных остатков и чаще всего не перерабатываемая). Эти ресурсы побочного лесопользования и отходы лесопромышленного комплекса представляют собой основу ресурсного потенциала для производства широкой линейки базовых биотехнологических продуктов.

По данным обзора российского рынка дикоросов, подготовленного международной консалтинговой сетью *KPMG*, на территории России в год может быть заготовлено 7,4–8,5 млн тонн дикоросов; при этом используется только 6 % этого объема, в том числе: грибов — 4–10 %, орехов — 4 %, клюквы — 2,5 %, брусники — 1,5 %, черники — 1,3 %.⁶

Сегодня объем российского рынка органической продукции составляет менее 1 % от мирового, но при этом он интенсивно растёт. Так, по данным Национального органического союза РФ, рынок органической продукции вырос с 2010 по 2018 гг. более, чем на 10 % и продолжает расти. Эти данные подтверждают перспективность сегмента биотехнологического рынка, связанного с глубокой переработкой дикоросов и растительного лекарственного сырья. По данным маркетингового аналитического агентства *BusinessStat* суммарный объем продаж

⁴ Обзор рынка биотехнологий в России и оценка перспектив его развития / компания *Frost & Sullivan* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fs.moex.com/files/8579>. Дата обращения: 26.11.2021.

⁵ Доля России на мировом рынке биотехнологий составляет всего одну десятую процента [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.bfm.ru/news/385863>. Дата обращения: 12.11.2021.

⁶ Рынок дикоросов в России: высокий потенциал и низкий уровень развития / Обзор *KPMG*, 2021 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://home.kpmg/ru/ru/home/insights/2021/04/wild-growing-herbs-in-russia.html>. Дата обращения: 02.12.2021.

свежих ягод на российском рынке в 2019 г. составил 1260,3 тыс. тонн, из которых только около 165 тыс. тонн (13 %) приходится на дикоросы.

В качестве примера можно привести соотношения между биологическим, эксплуатационным объемом и объемом фактически заготовленных дикорастущих ягод в Республике Карелия. В таблице 1 представлены расчётные данные о средней урожайности дикорастущих ягод за 10–15 лет, составленные автором на основании материалов исследований Института леса Карельского научного центра РАН [2, с. 24; 3; 4, с. 112–113], а также с использованием данных Государственных докладов о состоянии окружающей среды Республики Карелия за 2018–2019 гг. [3–6].

Таблица 1

**Биологические и эксплуатационные запасы
дикорастущих ягод и объемы заготовки на территории Республики Карелия**

Дикоросы	Биологические запасы			Эксплуатационные запасы			Среднегодовой объем заготовки
	<i>min</i>	<i>сред.</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>сред.</i>	<i>max</i>	
Черника	8596	62017	193984	3604	25845	84561	6732
Брусника	5792	43039	97813	3573	26558	59768	6918
Клюква	508	10170	30510	329	6587	19691	1716
Морошка	686	5100	15300	445	3200	9870	834
ИТОГО	15582	120326	337607	7951	62190	173890	16200

Составлено автором

Биологический запас дикорастущих ягод в Республике Карелия является наиболее полным и учитывает все созревшие ягоды, эксплуатационный — включает только ту часть, которую практически можно собрать (т. е. примерно от 50 до 80 % от биологического запаса). Урожайность различных ягод может существенно варьироваться по годам, что является сырьевым риском для предприятий. Однако, зная биологические закономерности и циклические особенности урожайности дикоросов, эти риски могут быть сведены к минимуму. Так, в плодоношении черничных ягодников высокоурожайные годы чередуются с годами слабых и средних урожаев (обычно из 10 лет 3 года отличаются высоким урожаем, 4 года средним и 3 года — слабым). Для брусники урожайными являются вырубki 3–7-летней давности; из 10 лет обычно 3 года бывают урожайными и 4 — неурожайными. Эксплуатационные запасы клюквы и морошки от биологического урожая составляет 50 % — для севера и 80 % — для юга Карелии. Периодичность относительно высоких урожаев для клюквы и морошки обычно составляет 3–4 года.

Таким образом, как видно из данных таблицы 1, леса Республики Карелии обладают значительным ресурсным потенциалом дикорастущих ягод, биологические запасы которых (с учетом средней урожайности) составляют свыше 120 тыс. тонн в год, эксплуатационные — свыше 62 тыс. тонн в год, а заготавливается в среднем 15–17 тыс. тонн в год (то есть, около 13 % от биологических запасов, и 27 % от эксплуатационных запасов). В большинстве других «лесных» регионов России (особенно в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах) доля заготовки дикоросов существенно ниже, что говорит о достаточно высоком потенциале заготовки дикоросов в целях переработки и производства биотехнологической продукции.

К основным видам биотехнологической продукции, производимой на основе переработки лесных дикоросов и характеризующейся устойчивым ростом рыночного спроса, относятся:

- натуральные растительные экстракты для производства фармацевтических субстанций, фармпрепаратов, биологически активных добавок (БАД), косметологической и пищевой продукции;

- дегидратированные порошки и концентраты, получаемые методом сублимации (леофилизации, криодессикации) или инфракрасной сушки;
- эфирные масла и гидролаты, являющиеся основой для производства косметологической продукции, а также масла холодного отжима;
- пищевые волокна и жмых, используемый в пищевой промышленности и при производстве кормовых составов.

Именно эти виды продукции способны стать основой для формирования и развития межотраслевых биотехнологических производственных кластеров в лесных регионах Российской Федерации [7–10].

Наиболее привлекательной и высокорентабельной биотехнологической продукцией, получаемой на основе переработки лесных дикоросов, являются растительные экстракты. Причём особый интерес с точки зрения повышения конкурентоспособности российских лесных регионов представляют стандартизированные экстракты (например, по содержанию антоцианов), рыночная стоимость которых в разы превышает стоимость нестандартизированных экстрактов. Краткая характеристика форм выпуска экстрактов и внешнего вида товарной продукции, особенности их химического состава и действующих компонентов представлены в таблице 2.

Производимые натуральные экстракты могут выступать в качестве товарной формы продукта, готового к реализации на рынке, так и в качестве полуфабрикатов для производства биологически активных добавок (БАД), фармацевтических субстанций и фармпрепаратов, широкой линейки косметологических товаров, функциональных продуктов питания.

Таблица 2

Перечень и краткая характеристика натуральных экстрактов из продуктов побочного лесопользования

<i>Вид сырья</i>	<i>Экстракт</i>	<i>Форма выпуска, внешний вид</i>	<i>Состав</i>
Дикорастущие ягоды	Экстракт ягод брусники (сухой или жидкий)	Мелкодисперсный порошок от розового до красного и темно-красного цвета. В жидкой форме — густая темно-красная жидкость на водно-пропиленгликолевой основе.	Содержит органические кислоты (лимонную, салициловую, яблочную кислоты), полифенолы.
	Экстракт ягод черники (сухой или жидкий)	Мелкодисперсный порошок от фиолетового до темно-фиолетового цвета. В жидкой форме — густая темно-фиолетовая жидкость на водно-пропиленгликолевой основе.	Содержит антоцианидины (гликозиды, глюкозу, галактозу и арабинозу, цианидин, дельфинидин и др.), флавоноиды (гиперин и кверцетин), катехин.
	Экстракт ягод клюквы (сухой или жидкий)	Мелкодисперсный порошок от ярко-розового до красного (алого) цвета. В жидкой форме — густая темно-красная жидкость на водно-пропиленгликолевой основе.	Содержит лимонную, бензойную, урсоловую, хинную, хлорогеновую, яблочную, олеандровую, янтарную и щавелевую кислоты, пектин, витамины группы В, РР, К1, С.
	Экстракт ягод голубики (сухой или жидкий)	Мелкодисперсный порошок от фиолетово-коричневого до темно-коричневого цвета. В жидкой форме — непрозрачная жидкость темно-коричневого цвета на спиртовой или водно-пропиленгликолевой основе.	Содержит широкий состав органических кислот (лимонную, щавелевую, яблочную, янтарную, молочную кислоты), цериловый спирт, флавоноиды, дубильные вещества, антиоксиданты, тростниковый сахар, витамин С.

<i>Вид сырья</i>	<i>Экстракт</i>	<i>Форма выпуска, внешний вид</i>	<i>Состав</i>
Грибы	Экстракт белого гриба	Мелкодисперсный порошок желто-бурого или светло-бурого цвета. В жидкой форме — непрозрачная маслянистая темно-коричневая жидкость.	Содержит терпеноиды, герценин, изоболетол, болетол, микоинулин, гликоген, микодестрин, хитин.
	Экстракт чаги	Мелкодисперсный порошок от коричневого или темно-коричневого или почти чёрного цвета, растворимый в глицерине и водно-спиртовых растворах. В жидкой форме — непрозрачная маслянистая жидкость темно-коричневая или почти черного цвета.	Содержит уникальный комплекс БАВ: пигменты, полифенолкарбоновый комплекс, полисахариды, тритерпеновые и органические кислоты, микроэлементы: цинк, никель, натрий, медь, марганец, магний, кобальт, кальций, калий, кремний, железо.
Хвойная масса	Экстракт хвои сосны и ели	Маслянистая густая жидкость от светло-зеленого до темно-зеленого цвета с характерным хвойным запахом. Выпускается в виде эфирно-маслянистой и водной фракции.	Содержит смолистые и дубильные вещества, скипидар, эфирное масло, горечи (пиницикрин), крахмал, витамины D, P, E, B, Ки, каротин, антоцианы, полиизопреноловые спирты, кумарин, соединения группы флавоноидов.
Лекарственное сырье	Экстракт брусничного листа	Мелкодисперсный порошок от буро-зеленого цвета, растворимый в глицерине и водно-спиртовых растворах. В жидкой форме — полупрозрачная маслянистая жидкость темно-зеленого или темно-бурого цвета.	Содержит витамины группы B и C, минералы (марганец, железо, фосфор, натрий, кальций, калий), фитонциды, обладающих антимикробным действием, лимонную, яблочную и уксусную кислоты, флавоноиды, ликопин и гликозиды, арбутин, танины, дубильные вещества, антиоксиданты, растительные белки.

Составлено автором на основе изучения рыночных предложений и химического состава экстрактов, заявленного производителями

Основными целевыми отраслевыми рынками, формирующими основной спрос на натуральные растительные экстракты, являются следующие:

1. *Рынок фармацевтических субстанций и фармпрепаратов.* Среднегодовые темпы роста данного рынка составляют 3–5 % (в зависимости от конкретного сегмента рынка). Экстракты используются для получения следующих видов продукции:

- высококонцентрированных биологически активных молекулярных органических соединений — действующих веществ фармпрепаратов;
- поливитаминных и полиминеральных комплексов;
- вспомогательных молекулярных комплексов, способствующих адсорбции действующих лекарственных компонентов.

2. *Рынок БАД и добавок* сегодня является одним из наиболее быстро растущих (средний темп роста — 6–7 % в год). Данный целевой рынок подразделяется на три сегмента:

- БАД фармацевтического, иммуностимулирующего, защитного и общеукрепляющего действия;
- БАД косметологического действия;
- пищевые БАД, используемые при производстве диетического питания и функциональных продуктов питания.

3. *Рынок косметологических товаров и препаратов.* Среднегодовой темп роста — 3–4 %. Отдельные его сегменты, связанные с использованием экстрактов в SPA-процедурах и аппаратной косметологии, характеризуются динамикой роста в 8–12 %. По целевому назначению продукции рынок делится на следующие сегменты:

- косметологическая продукция для ухода за кожей (кремы, спреи, бальзамы, тоники, сыворотки, маски, составы для ванн);
 - косметологическая продукция для ухода за волосами (шампуни, кондиционеры, ополаскиватели, бальзамы, лаки для волос);
 - косметологические препараты и продукция для похудения и улучшения обмена веществ (мази и кремы, составы для аппаратной косметологии).
4. *Рынок биологически активных пищевых и кормовых добавок.* Рынок характеризуется темпами роста 4–8 % в год и включает в себя сегменты:
- производство биологически активных пищевых добавок, натуральных красителей, консервантов, стабилизаторов и подсластителей;
 - производство основы для продуктов здорового питания (растительной клетчатки, пищевых волокон, источников растительного белка для производства продуктов спортивного питания и белковых концентратов);
 - производство концентратов и компонентов для напитков (спиртосодержащих, витаминных, сокосодержащих напитков);
 - производство функциональных продуктов питания и компонентов продуктов быстрого приготовления.

Структура рассмотренных выше рынков и распределение потенциала спроса на натуральные растительные экстракты, рассчитанная автором на основании анализа спроса на растительные экстракты по сферам (отраслям) их применения за 5 лет, характеризуется следующими данными (рис. 1).

По сути, рассмотренные выше рынки, можно свести к трём ключевым отраслям — фармацевтической промышленности, производству косметологической продукции, пищевой промышленности. В рамках этих отраслей натуральные растительные экстракты, получаемые на основе переработки продуктов побочного лесопользования, характеризуется следующими видами целевого применения (табл. 3).

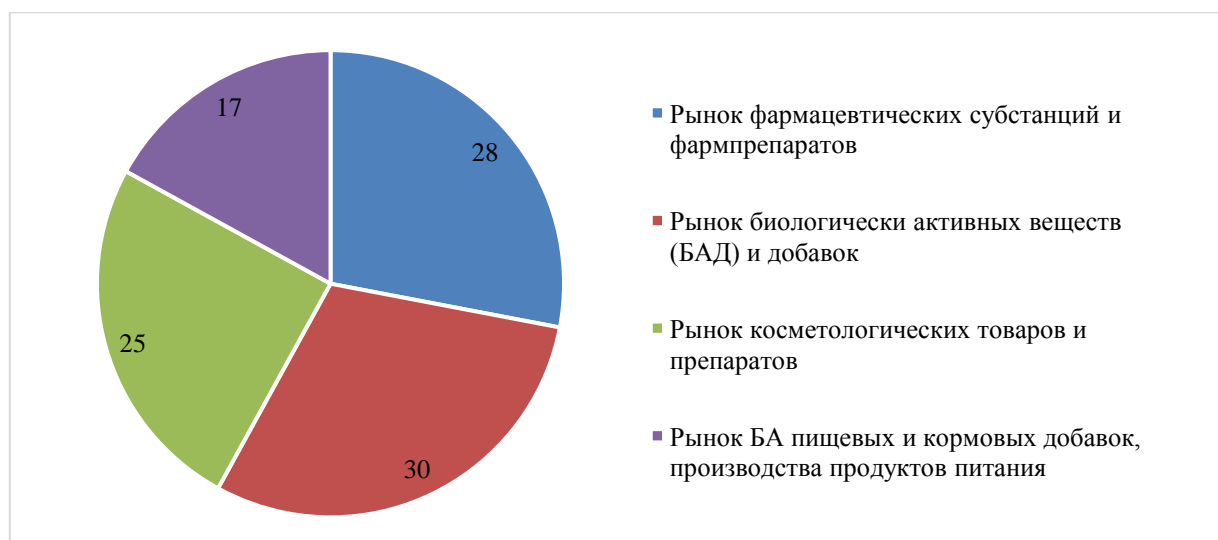


Рисунок 1. Структура и распределение потенциала спроса на натуральные растительные экстракты, % (составлен автором)

Таблица 3

Целевые сферы применения экстрактов

Экстракт	Сферы применения		
	медицина и фармацевтика	косметология	пищевая промышленность
Экстракт ягод брусники	Используется для производства БАД и фармацевтических препаратов. Имеет антиоксидантное, противовоспалительное, жаропонижающее, тонизирующее действие, укрепляет сердечно-сосудистую систему, снижает и регулирует уровень сахара в крови.	Используется как активный компонент в кремах, лосьонах, тониках, сыворотках, шампунях, масках, бальзамах. Средства на основе сухого экстракта брусники оказывают тонизирующее, омолаживающее, обновляющее действие, улучшают упругость и эластичность кожи.	Рекомендуется для добавления в йогурты, каши, мюсли, при производстве хлебобулочных изделий, напитков, фиточаев, пищевых БАД.
Экстракт черники	Используется как вяжущее, противовоспалительное, антисептическое средство, входит в состав БАД для улучшения зрения.	Применяется как активный компонент в кремах, сыворотках, лосьонах, масках и бальзамах. Имеет омолаживающий, противовоспалительный, очищающий и смягчающий эффект. Обычно в их составе концентрация экстракта черники от 0,5 до 2 %.	Используется для обогащения антоцианами пищевых концентратов, безалкогольных и алкогольных напитков, кондитерских изделий, молочных продуктов, продуктов диабетического питания и функциональных продуктов питания.
Экстракт клюквы	Используется как общеукрепляющее, тонизирующее, мочегонное, гипотензивное, противовоспалительное, противомикробное, спазмолитическое, сосудорасширяющее, противовоспалительное, жаропонижающее, средство. Входит в состав БАД и препаратов.	Используется для антивозрастного ухода, в качестве питательного средства для поврежденной и проблемной кожи, для защиты от бактерий, придания цвета эмульсиям и гелям, изготовления сухих средств для макияжа (пудры, румян, основ для макияжа).	Используется в кондитерской, молочной, ликероводочной промышленности, для приготовления соков, морсов, напитков. Новые направления — мясная и рыбная промышленность (в качестве антимикробного компонента).
Экстракт ягод и побегов голубики	Используется для лечения заболеваний органов зрения, простатита, ОРВИ (иммуностимулирующее действие), сахарного диабета, варикоза, сердечно-сосудистой системы. Используется в качестве жидкого экстракта (голубитокс) и входит в состав фармацевтических препаратов.	Применяется как активный компонент в кремах, сыворотках, лосьонах, масках и бальзамах (концентрация от 0,5 до 3 %), в средствах для ухода за проблемной кожей лица и головы, обладает себорегулирующими свойствами, уменьшает воспаления, способствует восстановлению волокон коллагена, обладает антивозрастным потенциалом.	Используется в кондитерской, молочной, ликероводочной промышленности, при приготовлении соков, морсов. Широкое применение в качестве наполнителя для смузи, йогуртов, каш, сухих завтраков, десертов, коктейлей.
Экстракт белого гриба	Применяется в составе противораковых препаратов, при заболеваниях ЖКТ, сердечно-сосудистой системы (стенокардии), туберкулеза, в качестве иммуностимулирующего БАД. Экстракт обладает сильным антибиотическим действием, уничтожая палочку Коха. Используется для лечения язв и обморожений.	Применяется как активный компонент в кремах, масках и препаратах для кожи в виде витаминно-грибного питательного состава. Препараты на основе экстракта белого гриба обладают сильным лифтинг-эффектом, стимулируют процессы обмена веществ, тонизируют кожу, защищают от внешних факторов и стимулируют восстановление клеток. Применяется в препаратах в виде сухого и жидкого экстракта.	Используется масложировой, молочной, хлебопекарной, мясной промышленности, для производства быстрорастворимых продуктов и функционального питания. Наличие большого объема клетчатки, белка, хитина позволяет использовать в качестве сырья для производства белковых концентратов, спортивного питания, а также в качестве источника пищевых волокон.

Экстракт	Сферы применения		
	медицина и фармацевтика	косметология	пищевая промышленность
Экстракт чаги	Применяется при заболеваниях ЖКТ (дискинезии, хронические гастриты, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, полипозы, гастралгия, заболевания печени и селезенки), при злокачественных новообразованиях, псориазе, экземе и других кожных заболеваниях, как общеукрепляющее и иммуностимулирующее средство.	Применяются сухие и жидкие экстракты в качестве антивозрастного, антицеллюлитного, противовоспалительного, противоотечного средства, средства, способствующего регенерации кожи. Используется в составе кремов, масок и препаратов для кожи в виде витаминно-грибного питательного состава.	Используется в качестве активного компонента в пищевых БАД, при производстве функциональных продуктов питания. Самостоятельно используется для приготовления чайных напитков и фиточаёв.
Экстракты хвой сосны и ели	Фармакологические свойства хвой сосны и ели условно разбиваются на минеральный, витаминный и эфиромасличный комплексы. Эфиромасличный комплекс легко растворяется в липидах, которые глубоко проникают в кожу, оказывают раздражающее действие на ее рецепторы и вызывает рефлекторные восстановительные изменения в организме. Используется в качестве спазмолитического средства, обладает бактериостатическими свойствами. Применяется при лечении сердечно-сосудистых, неврологических заболеваний, эпилепсии, варикоза.	Косметические средства, содержащие препараты хвой сосны и ели, обогащают кожу витаминам и регулируют водно-жировую баланс. В косметологии часто применяется в виде каротино-хлорофилловой пасты. Экстракт хвой сосны и ели применяют для изготовления туалетного мыла, гелей, шампуней и масок для волос, дезодорирующие препаратов. Кремы и лосьоны с экстрактом хвой служат профилактическим средством против грибковых заболеваний ногтей и стоп.	Хвойный пищевой экстракт находит широкое применение в пищевой и кормовой промышленности как источник полифенолов, каротина, аминокислот, полипенолов и витаминов. Используется для получения витаминных пищевых БАД, а также в качестве пищевых консервантов, благодаря своим антисептическим и антимикробным свойствам.
Экстракт брусничного листа	Используется для лечения и профилактики стоматологических заболеваний, мигрени, при воспалительных процессах в дыхательных путях, болезнях почек, мочевого и желчного пузыря, заболеваниях ЖКТ, сахарном диабете, ревматизме. Препараты с экстрактом брусничного листа нормализуют артериальное давление, является анаболиком. Входит в состав фармпрепаратов, усиливая действие медикаментов и активизируя защитные свойства организма.	В косметологии экстракт входит в состав шампуней, кондиционеров и составов для ополаскивания волос. Используется для укрепления волос, устранения перхоти, сухости и зуда кожных покровов головы. Экстракт добавляют в маски для лица, имеющих омолаживающий, увлажняющий и смягчающий эффекты.	В пищевой промышленности используется в качестве БАД в диетических продуктах, используется для приготовления фиточаёв. Имеет широкое применение в кондитерской, мясной промышленности и кулинарии, при производстве функциональных продуктов питания и продуктов быстрого приготовления (добавляется в мясные подливы, соусы). Используется как самостоятельная иммуностимулирующая БАД.

Составлено автором на основе обзора технологий использования экстрактов и компонентного состава продукции

Оценочный объем спроса мирового рынка на растительные экстракты в настоящее время оценивается в объеме более 2850 тыс. тонн в год. Общий объем мирового рынка экстрактов с 2017 года увеличился с 1566,3 тонн до почти 2200 тонн в 2019 году. Основным драйвером роста российского рынка экстрактов является рост спроса на экстракты со стороны производителей БАД, лекарственных средств и косметической продукции на фоне пандемии COVID-19, общемирового тренда повышения интереса к фитотерапии, «экологичным» продуктам и здоровому образу жизни в целом. Общемировая ситуация с COVID-19 способствовала существенному увеличению темпов роста рынка растительных экстрактов. В частности, по данным маркетингового исследования «Рынок растительных экстрактов. Маркетинговое исследование — Влияние COVID-19», подготовленного компанией *IndexBox Marketing*, по итогам 2019 года объем российского производства растительных экстрактов увеличился на

45 %, а общий рост производства по итогам 2014–2019 гг. составил 231,0 %.⁷ Вместе с тем, рост на российском рынке экстрактов стал устойчивым только начиная с 2018 года; в 2017 году рынок «просел» на 5,9 %. Объем российского производства растительных экстрактов увеличился с 480 тонн (оценочно) в 2018 году до 670 тонн (оценочно) в 2020 году. Тем не менее, рост рынка уже в 2020 году превысил прогнозные ожидания, рассчитанные компанией *IndexBox Marketing* до 2025 года. В частности, согласно инерционному прогнозу, объем видимого потребления экстрактов на российском рынке в 2025 году должно было составить 591,7 тонн.

Производственные мощности по производству растительных экстрактов сконцентрированы преимущественно в Сибирском и Северо-Западном федеральных округах. При этом российский рынок экстрактов на 82 % состоит из импортной продукции. В среднесрочной перспективе следует ожидать, что позиции импорта сохранятся на уровне порядка 75–78 %. На экспорт при этом отгружается около 38 % (по данным за 2017 г.) от совокупного объема произведенной продукции.⁴ В 2020 году доля экспорта российских экстрактов оценивается в 45 %.

Таким образом, как видно из представленной характеристики рынков и спектра применения натуральных растительных экстрактов, организация производств по переработке природного (лесного) биотехнологического сырья с получением из них экстрактов является перспективным направлением развития экономики лесных регионов и диверсификации их экономики. К тому же, производство натуральных растительных экстрактов можно комбинировать с действующими промышленными производствами, работающими в сфере лесозаготовки и деревообработки, целлюлозно-бумажной промышленности и лесохимии. В частности, для производства хвойных экстрактов и получения ценных биотехнологических продуктов (например, L-аргинина) из хвойной (зелёной) массы могут быть использованы отходы основного производства, которые в настоящий момент фактически не перерабатываются. Хвойная масса при сортиментной заготовке древесины остается на лесосеке в качестве биоматериала, используемого для содействия естественному воспроизводству лесов. Поэтому организация производства экстрактов из хвойной массы позволит существенно увеличить рентабельность действующих лесозаготовительных предприятий и будет способствовать наиболее полному использованию ресурсного потенциала лесов.

Также производство экстрактов может комбинироваться и с производством других видов продукции, связанных с комплексной безотходной переработкой растительного сырья. В частности, если речь идёт о переработке дикорастущих ягод, то производство экстрактов вполне может дополняться производством натуральных масел холодного отжима и эфирных масел (являются продуктом переработки семян и косточки), а также сублимированных (лиофилизированных) натуральных растительных продуктов и порошков-наполнителей. При этом растительные экстракты и лиофилизированные порошки из дикорастущих лесных ягод, хоть по своим физическим и технико-экономическим свойствам являются близкими продуктами, но сферы их применения отличаются (табл. 4).

⁷ Маркетинговое исследование «Рынок растительных экстрактов. Маркетинговое исследование — Влияние COVID-19». / Компания IndexBox Marketing [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.indexbox.ru/reports/marketingovoe-issledovanie-rynok-rastitelnyh-ekstraktov>. Дата обращения: 18.12.2021.

Таблица 4

Сравнительная характеристика сухих стандартизированных экстрактов и сублимированных (лиофилизированных) порошков из дикорастущих ягод

<i>Технико-экономические параметры продукта</i>	<i>Сухой стандартизированный экстракт</i>	<i>Сублимированный (лиофилизированный) порошок</i>
Сохранение в продукте комплекса полезных веществ и витаминов	Частично, до 70 % (в зависимости от используемого экстрагента)	До 95–96 % по сравнению со свежим продуктом
Растворимость, минут до полного растворения в воде	Растворим. Время — от мгновенного до 2–3 минут	Растворим. Время — от 2 до 10–15 минут (в зависимости от дисперсности порошка)
Ресурсоёмкость (процент выхода готового продукта из сырья)	4,5–7 % (из ягод) 12–15 % (из жмыха)	12,5–20 % (из ягод) Из жмыха сублимат не производится
Срок годности готового продукта	2 года	2–2,5 года
Потребность в добавлении консервантов	нет	Нет, либо частично (сахар — не более 2 %)
Технологические и потребительские особенности продукта	Возможность стандартизировать химический состав экстракта по наиболее ценному компоненту; использование в фармацевтике и косметологии	Продукт является условным заменителем свежих натуральных ягод и может быть использован в пищевой промышленности и в функциональном питании
Сфера использования	Фармацевтика — более 60 % Косметология — около 30 % Пищевая промышленность — 10 %	Пищевая промышленность — 80 % Косметология — около 15 % Фармацевтика — 5 %

Составлено автором

Оценочный объем спроса мирового рынка на сублиматы в настоящее время оценивается в объеме не менее 850 тыс. тонн в год, или более \$20 млрд. Объем мирового рынка натуральных эфирных масел составляет более \$8,5 млрд, а к 2023 году достигнет \$12,56 млрд.⁸ Основным драйвером роста рынка растительных и эфирных масел и лиофилизированных порошков является рост спроса на них со стороны производителей БАД, лекарственных средств и косметической продукции на фоне общемирового тренда повышения интереса к фитотерапии и «экологичным» продуктам.

Что касается российского рынка натуральных эфирных масел и масел холодного отжима, то здесь ситуация во-многом схожа с рынком растительных порошков и экстрактов. Так, согласно данным исследования «Рынок эфирных масел в России. Текущая ситуация и прогноз 2021–2025 гг.», подготовленного маркетинговым агентством *Alto Consulting Group*, российский рынок характеризуется существенным ростом всех параметров рынка, в том числе ростом потребления эфирных масел. Однако по-прежнему почти 80 % объема рынка эфирных масел составляют импортные масла, и только немногим более 20 % — российские⁹.

По оценкам *BusinesStat* объем продаж эфирных масел в России в 2019 г. по сравнению с 2014 г. вырос с 734 до 750 тонн и в стоимостном выражении составил 1587,8 млн рублей (\$21,7 млн). Однако, по оценкам автора, этот стоимостной объем рынка занижен (учитывая то, что за последние годы объем рынка в большей степени рос за счет опережающего роста цен на эфирные масла, а не объемов производства и импортных поставок). Так, в среднем цена на

⁸ Essential oils market by product and application — Global Industry Analysis and Forecast to 2023 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.marketresearch.com/Statistics-Market-Research-Consulting-4058/Essential-Oil-Global-Outlook-11172517/>. Дата обращения: 17.12.2021.

⁹ Рынок эфирных масел в России. Текущая ситуация и прогноз 2021–2025 гг. / Исследование рынка. *Alto Consulting Group*, 2021. — 284 с.

эфирные масла на российском рынке растут на 7–8 % в год из-за удорожания сырья. Таким образом, реальный объем российского рынка эфирных масел составляет не менее 2,3 млрд рублей.

Импортные поставки эфирных масел на российский рынок в течение последних лет показывают среднегодовой рост на 4–5 % в год. По итогам 2019 года совокупный объем импорта эфирных масел в Россию составил \$17,4 млн, в 2020 году — \$18,3 млн (оценочно). Основными экспортёрами эфирных масел являются Индия, Германия и Китай.

В 2020 году в России было произведено 91,46 тонн эфирных масел, что на 248,6 % больше объема производства предыдущего года. Так, производство эфирных масел в декабре 2020 года увеличилось на 6407,1 % к уровню декабря 2019 года и составило 28,34 тонны. Лидером производства эфирных масел от общего произведенного объема за 2020 год стал Южный федеральный округ с долей около 37,0 %⁹. В последние 10 лет он растет в среднем на 25–30 % в год. Основные производители эфирных масел (около 50 % совокупного объема производства) расположены в Крыму (более 20 %), Краснодарском крае (17,7 %) и Республике Адыгея (17,4 %), что обусловлено наличием достаточной сырьевой базы. Структура производства эфирных масел на российском рынке является достаточно стабильной и низко диверсифицированной — более 50 % приходится на кориандровое масло, 23 % — на пихтовое эфирное масло.

Ожидается, что динамика потребления эфирных масел на российском рынке до 2025 года сохранится положительной и составит в среднем 4–5 % в год. Ожидаемый объем потребления эфирных масел составит к 2025 году около 865 тонн, или 3650 млн рублей в ценах 2020 года. Объем российского производства эфирных масел составит от 270 до 280 тонн и будет расти темпами, превышающими темпы роста рынка (за счет частичного импортозамещения и опережающего роста цен).

Таким образом, как видно из проведенного анализа, рыночная ситуация в настоящее время является крайне привлекательной и перспективной для запуска инвестиционных проектов по развитию биотехнологических производств, связанных с переработкой лесного биотехнологического сырья. Дополнительным фактором, влияющим на рост инвестиционной привлекательности этих видов биотехнологических производств, является наличие достаточно проработанной технологической платформы и широкий спектр доступных технологий, о которых речь пойдет ниже.

Перспектива развития биотехнологических производств на базе лесного биотехнологического сырья связана с тем, что производство всех видов рассмотренных выше продуктов (экстрактов, порошков и масел) можно совмещать в рамках единого многостадийного технологического цикла. Такие возможности подтверждены рядом реализованных инвестиционных проектов, которые разрабатывались в том числе с участием автора статьи. Так, при организации переработки дикорастущих ягод стадии и этапы механохимической переработки сырья совмещаются в рамках единого технологического цикла, включающего в себя:

1. Этап очистки и сортировки свежего (замороженного) ягодного сырья.
2. Этап разделения ягодного сырья на фракции с их первичной переработкой: высококачественное ягодное сырье (в свежем или замороженном виде) направляется покупателю в чистом виде; фракция, используемая для получения сока прямого отжима; выжимки (жмых), являющиеся вторичным сырьём для производства масел холодного отжима, леофилизированных порошков и экстрактов.

3. Этап селективного выделения из вторичного сырья (жмыха) с использованием декантера косточки для дальнейшего получения из нее натуральных нерафинированных эфирных масел способом холодного отжима (с использованием ленточного пресса).
4. Этап дальнейшей переработки жмыха после отделения косточки включает в себя: экстракцию жмыха с получением экстрактов различного состава и качества; производство из жмыха гомогенизированного сухого порошка в одну стадию за счёт объединения последовательных стадий измельчения, смешения и химического превращения вторичного сырья с использованием мальтодекстрина в качестве влагоудалителя.

Использование описанной выше комплексной технологии позволяет обеспечить полную безотходную переработку первичного сырья (ягод) и вторичного сырья (жмыха) с получением на его основе ценной пищевой и биотехнологической продукции с высокой добавленной стоимостью [11–25].

Основными преимуществами данной технологии являются:

- возможность сокращения технологического цикла (в том числе экономия времени на производственный цикл по сравнению с традиционными способами переработки в 2–2,5 раза, экономия на капитальных вложениях и сокращение единиц производственного оборудования);
- экономия материальных и энергетических затрат;
- высокая экологичность производства, в том числе использование безотходных технологий.

В настоящее время для экстракции растительного сырья наиболее часто используются следующие базовые технологии и способы:

- технология водно-спиртовой экстракции (с использованием в качестве экстрагентов водного раствора спирта — этанола, метанола, других органических растворителей, например, ацетона, толуола, скипидара и др.);
- технология паровой дистилляции;
- технология сверхкритической флюидной CO₂-экстракции;
- технология вакуумной циркуляционной экстракции;
- технология гидродинамической экстракции;
- технология экстракции методом ультразвуковой кавитации.

Помимо отдельных (базовых) технологий экстракции растительного сырья, рассмотренных выше, в биотехнологическом, фармацевтическом и пищевом производстве используются смешанные технологии экстракции (технология низкотемпературной экстракции методом ультразвуковой кавитации в сочетании с водно-спиртовой экстракцией; технология водно-спиртовой экстракции в сочетании с сублимационной сушкой и др.).

Из всех перечисленных выше технологий экстракции традиционными являются технология водно-спиртовой экстракции, паровой дистилляции, а также технология вакуумной циркуляционной экстракции. Однако, использование данных технологий (не смотря на простоту их использования) характеризуется достаточно низким выходом конечной продукции, затратностью и остаточных следов органического растворителя в готовом экстракте (при водно-спиртовой экстракции).

Использование смешанных технологий экстракции, позволяющих добиться более высокого выхода полезных веществ, характеризуется достаточно высокими капитальными затратами на инвестиционной стадии, а также более высокими эксплуатационными затратами на стадии производства, поскольку их использование предполагает приобретение нескольких экстракционных установок и встраивание их в единую технологическую линию.

Характеристика использования перечисленных выше технологий экстракции (применительно к рассматриваемым видам растительного сырья и параметрам процесса экстракции), а также оценка возможности приоритетного использования технологий экстракции применительно к разным видам сырья представлены в таблицах 5–6.

Таблица 5

Характеристика приоритетного использования различных технологий экстракции

<i>Сырье</i>	<i>Базовая технология</i>	<i>Вид готового продукта</i>	<i>Товарная форма готового продукта</i>	<i>Используемое оборудование</i>
<ul style="list-style-type: none"> - черника - брусника - клюква - вороника - голубика - рябина 	<p>1) <i>Технология низкотемпературной экстракции методом ультразвуковой кавитации в сочетании с водно-спиртовой экстракцией.</i> Технология предполагает использование этапного процесса экстракции, включающего в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отжим сока из свежих ягод; - ультразвуковая экстракция подсушенной выжимки двуокисью углерода; - водно-спиртовая экстракция твердой фазы; - отгонка спирта, сублимационная сушка и фасовка сухого экстракта; - сушка, дезинтеграция и фасовка растительных волокон. <p>Преимущества технологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> - безотходная технология, позволяющая получить сразу четыре продукта; - обеспечение сохранности извлекаемых БАВ; - высокий процент высвобождения фитохимических компонентов с высокой биодоступностью и антиоксидантной активностью. - более полное извлечение масел и жирорастворимых БАВ из выжимок; - в результате экстракции двуокисью углерода снижаются затраты на спирт; - раздельная подача воды и спирта сопровождается выделением теплоты; - экономия эл/энергии при сокращении времени экстракции. <p>2) <i>Технология гидродинамической экстракции.</i> Данная технология характеризуется сопоставимыми объемами выхода жидкого экстракта. Для выпуска сухого экстракта также используется метод сублимационной сушки.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - сок из свежих ягод; - жидкий экстракт, содержащий каротиноиды, растительные масла и антоцианидины; - порошкообразный экстракт, содержащий вкусо-ароматические и биологически активные вещества (полисахариды, витамины групп С и В); - очищенная масса пищевых растительных волокон; - гранулированные сухие экстракты (основа для грануляции — порошок пищевых волокон). 	<ul style="list-style-type: none"> - натуральный осветленный сок, фасованный стеклянную тару и TetraPack; - жидкий экстракт, обогащенный БАВ, фасованный в стеклянную тару объемом от 50 до 330 мл; - сублимированный порошок экстракта, обогащенный полисахаридами и витаминами, фасованный в ламинированные бумажные или ПЭТ-пакеты; - крупнодисперсный порошок пищевых растительных волокон для диетического питания и пищевой промышленности, фасованный в ламинированные бумажные или ПЭТ-пакеты; - гранулированные сухие ягодные водорастворимые экстракты, фасованные в бумажные и ПЭТ-пакеты. 	<ul style="list-style-type: none"> - промышленные установки для ультразвуковой экстракции, мощностью от 500 Вт до 16 кВт; - промышленная установка для ультразвуковой экстракции мощностью 8 кВт и объемом загрузки 100 литров; - промышленная установка для гидродинамической экстракции (объем загрузочной емкости — 120 литров).

Сырье	Базовая технология	Вид готового продукта	Товарная форма готового продукта	Используемое оборудование
- белый гриб - моховик - трутовик - чага	<p>1) <i>Технология сверхкритической флюидной CO₂-экстракции.</i> Данная технология является наиболее эффективной при переработке грибов и хвои. Метод CO₂-экстракции имеет следующие преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> - процесс идет на клеточном и молекулярном уровне в шадящем режиме температур до 45 °С; - извлекается широкий спектр БАВ (особенно липидов); - возможность совместного применения углекислоты с другими растворителями (этиловым спиртом, водой, гексаном, хладонами); - низкая энергоемкость CO₂-экстракции; - отсутствие следов растворителей в конечном продукте (чистота продукта); - стерильность CO₂-экстракта и антиоксидантность. <p>В результате использования флюидной экстракции получается пастообразный экстракт грибов, в дальнейшем подвергаемый сублимационной сушке.</p> <p>2) <i>Технология сублимационной (леофильной) сушки.</i> В настоящее время более 60 % грибных концентратов и экстрактов на основе грибов, реализуемых на рынке, производятся с использованием данной технологии, включающей измельчение и подготовку (замораживание) сырья, сублимационную сушку, гомогенизацию (измельчение) до товарной формы, фасовку.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - мелкодисперсный гомогенизированный сублимированный порошок грибов; - жидкий маслянистый экстракт грибов с концентрированной комбинацией БАВ; - сухой экстракт грибов в виде мелкодисперсного порошка с высокой концентрацией БАВ 	<ul style="list-style-type: none"> - мелкодисперсный гомогенизированный сублимированный порошок грибов, фасованный в бумажные или ПЭТ-пакеты объемом от 20 до 100 грамм (используется в качестве пищевой добавки, так как содержит хитин клеток); - жидкий маслянистый экстракт грибов с концентрированной комбинацией БАВ (капсулированный или фасованный в стеклянную тару объемом от 20 до 100 мм); - сухой экстракт грибов в виде мелкодисперсного порошка с высокой концентрацией БАВ (капсулированный или фасованный в ПЭТ-тару объемом от 10 до 100 граммов). 	<ul style="list-style-type: none"> - промышленная экстракционно-сепарационная установка (например, комплекс из 4 экстракторов по 50 л); - промышленная установка сверхкритической CO₂-экстракции (50–500 литров).
- хвоя сосны - хвоя ели - хвоя пихты - хвоя можжевельника	<p>1) <i>Технология паровой дистилляции хвои сосны, ели и пихты.</i> Позволяет получать высококачественные эфирные масла из хвойной зелени. Используются стационарные и передвижные выпарные установки. Технологический процесс паровой дистилляции включает следующие этапы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подготовку и измельчение сырья; - отгонку эфирного масла водяным паром; - разделение масла и гидролата; - концентрирование и отгонку скипидара методом вакуумной дистилляции; - фасовку (в непрозрачную темную ПЭТ). <p>2) <i>Технология водно-спиртовой экстракции хвои</i> 80–85 % водно-спиртовым раствором при температуре 60–80 °С. Данная технология является затратной, а также наблюдается снижение качества хлорофиллсодержащих продуктов из-за высокой температуры экстракции. Для повышения эффективности и снижения затрат может быть использована совмещенная технология ультразвуковой экстракции в сочетании с водно-спиртовой экстракцией.</p> <p>3) <i>Технология сверхкритической флюидной CO₂-экстракции.</i> Данная технология является наиболее эффективной при переработке хвойной зелени и имеет ряд преимуществ, уже описанных выше.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - экстракт жидкий — эфирно-маслянистая фракция; - экстракт жидкий — водная фракция (связанная вода экстрагируется в составе БАВ); - шрот (клетчатка — твердая фракция, остающаяся после экстракции). 	<ul style="list-style-type: none"> - экстракт эфирных масел жидкий, фасованный в непрозрачные темные ёмкости объемом от 50 до 500 мм; - экстракт жидкий — водная фракция, фасованный в непрозрачные ёмкости объемом от 50 до 500 мм; - шрот (клетчатка — твердая фракция остающаяся после экстракции), фасованный в ПЭТ или бумажную тару весом от 100 грамм до 2 кг. 	<ul style="list-style-type: none"> - паровой дистиллятор стационарный, объемом 300–500 литров; - мобильная дистилляционная установка (объем — 300 литров); - промышленные установки для ультразвуковой экстракции, мощностью от 500 Вт до 16 кВт; - установка сверхкритической CO₂-экстракции (50–500 литров).

Сырье	Базовая технология	Вид готового продукта	Товарная форма готового продукта	Используемое оборудование
- лист брусники - лист толокнянки	1) <i>Технология вакуумной циркуляционной экстракции.</i> Технология предполагает использование многостадийного процесса: - подготовку сырья; - настаивание; - вакуумное циркуляционное экстрагирование; - очистку; - вакуумное упаривание; - тонкую фильтрацию; - сушку в вакуумных шкафах. 2) <i>Технология водно-спиртовой экстракции</i> 70–96 % водно-спиртовым раствором при температуре 60–70 °С. Данная технология является затратной, а также наблюдается снижение качества хлорофиллсодержащих продуктов из-за высокой температуры экстракции. 3) <i>Технология сверхкритической флюидной CO₂-экстракции.</i> Данная технология является более экономически выгодной с учётом преимуществ, описанных выше.	- экстракт в виде густой пасты тёмно-зеленого цвета с травяным ароматом; - сухой экстракт в виде мелкодисперсного желтого порошка; - гранулированные сухие экстракты (основа для грануляции — порошок пищевых волокон ягод брусники или толокнянки).	- пастообразный экстракт, фасованный в ПЭТ-тару объемом от 50 до 500 мл; - сухой экстракт, фасованный в бумажные и ПЭТ-пакеты массой от 50 до 200 грамм; - гранулированные сухие ягодные водорастворимые экстракты, фасованные в бумажные и ПЭТ-пакеты массой от 50 до 200 граммов.	- промышленная установка для вакуумной экстракции (объем загрузки — 60 кг); - установка сверхкритической CO ₂ -экстракции (50–500 литров).

Составлено автором на основе обзора технико-экономических и технологических характеристик технологий экстракции с использованием [8–26]

Таблица 6

Возможность приоритетного использования технологий экстракции и переработки применительно к разным видам сырья

Технологии экстракции и переработки	Дикорастущие ягоды					Грибы				Лекарственное сырье				
	Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	Клюква (<i>Vaccinium Oxococcus</i>)	Вороника (<i>Empetrum nigrum</i>)	Голубика (<i>Vaccinium uliginosum</i>)	Белый гриб (<i>Boletus edulis</i>)	Моховик (<i>Xerocomus</i>)	Трутовик (<i>Fomes fomentarius</i>)	Чага (<i>Inonotus obliquus</i>)	Хвоя сосны	Хвоя ель	Хвоя пихта	Лист и побеги брусники	Лист толокнянки
Низкотемпературная ультразвуковая экстракция	П	П	П	П	П	УП	УП	УП	УП	П	П	П	–	–
Водно-спиртовая экстракция	П	П	П	П	П	УП	УП	УП	УП	П	П	П	П	П
Гидродинамическая экстракция	П	П	П	П	П	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сверхкритической CO ₂ -экстракция	УП	УП	УП	УП	УП	П	П	П	П	П	П	П	П	П
Паровая дистилляция	–	–	–	–	–	–	–	–	–	П	П	П	–	–
Вакуумная циркуляционная экстракция	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	П	П
Сублимационная (леофильная) сушка	–	–	–	–	–	П	П	П	П	–	–	–	–	–

П — Технология применима с использованием основного растворителя (главного экстрагента); УП — Технология применима с использованием основного растворителя и сорастворителей. Составлено автором на основе таблицы 5

Как видно из таблицы 6, наиболее универсальным и низко затратным способом экстракции растительного сырья является сверхкритическая флюидная экстракция диоксидом углерода (с возможностью использования модификаторов-сорастворителей с целью

увеличения выхода полезных веществ, а также ускорения процесса экстракции). Кроме технологических преимуществ данной технологии, рассмотренных в таблице 5, использование сверхкритического флюида CO₂ как растворителя для экстракции в промышленном масштабе является её безопасностью (негорючесть, малая токсичность и химическая инертность), а также низкая стоимость и легкодоступность получения в промышленных масштабах. Также достаточно универсальной для использования в промышленных объемах является водно-спиртовая экстракция. Однако она характеризуется более высокими затратами, а также необходимостью соблюдения особых условий и отчетности, связанных с законодательством об обороте этилового спирта.

Таким образом, с учетом этих преимуществ, использование технологии сверхкритической флюидной экстракции диоксидом углерода при организации промышленного производства экстрактов, позволяет снизить категорию опасности производства (до IV–V классов опасности), что дает возможность размещать его на одной производственной площадке с пищевыми производствами без необходимости планирования охранных зон.

Как видно из анализа объемов и структуры российского рынка натуральных растительных порошков, экстрактов и натуральных эфирных и растительных масел создание и развитие производств этих продуктов является актуальным и перспективным ввиду положительной динамики роста рыночного спроса, а также с учетом актуализации задач, связанных с импортозамещением. Потенциальный объем рыночного спроса в России и странах — традиционных потребителей на порошки и экстракты составляет более 1570 тонн в год и оценивается в 3,4 млрд рублей, а потенциальный объем рыночного спроса на эфирные масла составляет 750 тонн в год и оценивается в 2,5 млрд руб. (а к 2025 году составит более 860 тонн в год). Таким образом, доступный финансовый потенциал для лесных регионов в сфере переработки лесного биотехнологического сырья и отходов лесозаготовки составляет около 10 млрд рублей в год. Причем, учитывая высокие темпы роста рыночного спроса на данные виды продукции, ежегодно он будет увеличиваться на 700–900 млн рублей.

Дополнительным фактором роста спроса на рассматриваемые виды биотехнологической продукции является курс на импортозамещение, объем которого ежегодно оценивается в 400–450 млн рублей.

И наконец, немаловажным фактором, влияющим на рост инвестиционной привлекательности биотехнологических производств, связанных с переработкой лесного сырья, является наличие достаточно хорошо проработанной технологической платформы и широкий спектр доступных технологий, позволяющих существенно снизить период окупаемости инвестиций и выйти на высокий уровень рентабельности производств.

Все эти факторы актуализируют перспективы развития биотехнологического комплекса на базе лесных регионов России и позволяют рассматривать их в качестве центров формирования современных высокотехнологичных производственных кластеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрынникова Т.И., Кузнецова М.И., Спиридонова Г.В. Биоэкономика — драйвер современной экономики // Экономические и социально-гуманитарные исследования. — 2020, № 4(28). — С. 49–59.
2. Петров Н.В. Сравнительная оценка запасов ягод *Vaccinium Myrtillus* и *V. Vitis-idaea* (Ericaceae) в коренных и производных типах леса среднетаежных ландшафтов Карелии // Растительные ресурсы. — 2019, том 55, № 1. — С. 23–35.

3. Громцев А.Н., Белоногова Т.В., Литинская Н.Л., Зайцева Н.Л. Районирование территории Карелии по запасам лекарственного сырья и ягод // Труды Карельского научного центра РАН. Биогеография Карелии. Серия Б. Биология. Вып. 2. — Петрозаводск, 2001. С. 65–69.
4. Громцев А.Н. руководитель НИР и науч. ред. «Леса и их многоцелевое использование на Северо-Западе Европейской части таежной зоны России» — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 190 с.
5. Громцев А.Н. (гл. ред.), Кузнецов О.Л., Шкиперова Г.Т. — редакционная коллегия. «Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2019 г.» / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия; — Петрозаводск, 2020. — 248 с.
6. Громцев А.Н. (гл. ред.), Кузнецов О.Л., Шкиперова Г.Т. — редакционная коллегия. «Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2018 г.» / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия; Петрозаводск, 2019. — 314 с.
7. Старокадомский Д., Титенко А., Камарали А., Куц В., Малоштан С., Бархоленко В., Кашуба О., Решетник М., Старокадомская А., Диамант В., Шульга С., Гуринов В. Обзор научных работ по технологиям экстрагирования биоконпонентов из растительного сырья. Сверхкритическая CO₂-экстракция — эффективный новый метод решения глобальной проблемы утилизации и качества растительного и органического сырья // GLOBUS: технические науки. — 2021, Том 7, № 3(39). — С. 9–24.
8. Жамсаранова С.Д., Замбулаева Н.Д. Анализ и оптимизация технологического процесса извлечения фенольных соединений из выжимок ягод дикоросов // Вестник ВСГУТУ. — 2015, № 4(55). — С. 61–66.
9. Ашурбекова Ф.А., Гусейнова Б.М., Даудова Т.И. Технологические аспекты получения высококачественных экстрактов из плодов дикоросов. // Пищевая промышленность. — 2020, № 1. — С. 18–22.
10. Губаненко Г.А., Маюрникова Л.А., Рубчевская Л.П. Перспективы комплексного использования регионального нетрадиционного растительного сырья при производстве пищевых продуктов // Пищевая промышленность. — 2015, № 4. — С. 23–27.
11. Левин Б.Д., Иванова М.В., Гуров П.В., Пчелинцева А.С. Способ комплексной переработки растительного сырья и технологическая схема комплексной переработки растительного сырья. Патент на изобретение RU 2539500 С1, 20.01.2015. Заявка № 2013130563/13 от 02.07.2013.
12. Дышлюк Л.С., Каширских Е.В., Носкова С.Ю., Пискаева А.И., Изгарышев А.В., Гармашов С.Ю. Анализ способов очистки экстрактов из дикорастущего сырья Сибирского федерального округа // Техника и технология пищевых производств. — 2016, Том 43, № 4. — С. 12–21.
13. Garmashov, S.Yu. Technological parameters of countercurrent extraction: deriving bioactive compounds from plant raw materials / S.Yu. Garmashov, Izgaryshev A.V., Kashirskih E.V. // Science evolution. — 2016, № 1. — С. 8–15.

14. Сафин Р.Г., Губернаторов В.В., Сафина А.В., Хузеев М.В. Обзор современных исследований в области извлечения биологически активных веществ из березового гриба чага для фармацевтических и пищевых отраслей промышленности // *Деревообрабатывающая промышленность*. — 2019, № 3. — С. 93–103.
15. Шамова М.М., Австриевских А.А., Вековцев А.А. Разработка технологии, рецептур, товароведная оценка концентрата напитка на основе гриба чаги «клеточный сок чаги» // *Пиво и напитки*. — 2018, № 3. — С. 24–30.
16. Трошкова Г.П., Костина Н.Е., Проценко М.А., Скарнович М.А. Оптимизация технологии получения сухого экстракта из гриба *Fomes Fomentarius* // *Современные проблемы науки и образования*. — 2012, № 4. — С. 284.
17. Куркин В.А., Рязанова Т.К. Сравнительное хроматографическое исследование лекарственного растительного сырья толокнянки, брусники и черники // *Вестник фармации*. — 2014, № 2(64). — С. 32–36.
18. Охрименко О.В., Головлев Д.А., Рыжкова И.П. Исследование процесса экстракции сухих веществ из хвои сосны. Часть 1. Исследование влияния степени измельчения хвои сосны и экспозиции на интенсивность экстракции // *Молочнохозяйственный вестник*. — 2011, № 2. — С. 46–50.
19. Охрименко О.В., Головлев Д.А., Рыжкова И.П. Исследование процесса экстракции сухих веществ из хвои сосны. Часть 2. Исследование влияния экспозиции на интенсивность экстракции при различных температурах // *Молочнохозяйственный вестник*. — 2011, № 3. — С. 32–35.
20. Охрименко О.В., Головлев Д.А., Рыжкова И.П. Исследование процесса экстракции сухих веществ из хвои сосны. Часть 3. Исследование влияния дозы хвои и экспозиции на интенсивность экстракции // *Молочнохозяйственный вестник*. — 2011, № 4. С. 33–36.
21. Rifna E.J., Misra N.N., Madhuresh Dwivedi Recent advances in extraction technologies for recovery of bioactive compounds derived from fruit and vegetable waste peels: A review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Published online: 26 Jul 2021. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952923>.
22. Selvamuthukumar M., John Shi Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products processing industries // *Food Quality and Safety*. — 2017, vol. 1. — P. 61–81.
23. Altemimi, A., Watson, D.G., Choudhary, R., Dasari, M.R., Lightfoot, D.A. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from peaches and pumpkins // *PLoS One*. — 2016, 11. — P. 1–20.
24. Azwanida, N.N. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation // *Medicinal & Aromatic Plants*. — 2015, 4. P — 1–6.
25. Yi, C., Shi, J., Xue, S.J., Jiang, Y.M., Li, D. Effects of supercritical fluid extraction parameters on lycopene yield and antioxidant activity // *Food Chemistry*. — 2009, 113. — P. 1088–1094.

Saveliev Yuriy Vladimirovich

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
North-West Institute of Management, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: yusaveliev@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9864-395X>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=110521

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/G-4234-2019>

Biotechnological potential of the forest regions of Russia and a feasibility study for integrated processing of forest biotechnological resources

Abstract. The article presents an overview of the state, structure and main trends in the development of the global and Russian biotechnology market in terms of assessing the prospects for using the forest biotechnological potential of Russian regions (wild berries, mushrooms, medicinal raw materials, logging industry waste). A detailed description of the structure of the world and Russian biotechnological markets is given with a justification of the market segments that are most interesting for products obtained from the processing of forest biotechnological raw materials. The author presents an overview of the most competitive and popular types of products on the market based on the processing of forest biotechnological raw materials (natural plant extracts, freeze-dried powders, essential oils, hydrolates, and others). The article contains an overview of modern technologies for the extraction of plant raw materials (including technologies for water-alcohol extraction, supercritical carbon dioxide extraction, ultrasonic extraction, hydrodynamic extraction, steam distillation, vacuum circulating extraction, and others), and also provides a feasibility study for the integrated processing of forest biotechnological resources and logging waste (green mass of coniferous woody plants), involving the choice of the most effective technologies for processing specific types of biotechnological raw materials. The review of technologies was made by the author based on the analysis of scientific articles and publications, as well as on the basis of the author's experience in the development and support of the implementation of investment projects in the field of forest biotechnologies.

Keywords: biotechnologies; forest biotechnological resources; wild plants; biotechnological market; plant extracts; sublimated powders; essential oils; extraction technologies; complex processing of biotechnological resources; investment attractiveness; forest regions