

15. V.A. Levdansky, N.I. Polezhaeva, 91 B.N. Kuznetsov [The study of birch bark extraction with hexane, ethiacetate, isopropyl alcohol and water] Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. - 2004. – No. 2. – pp. 17-20. (In Russ.).
16. Method for obtaining betulin: Patent No 2683634 Russian Federation, publ. 29.03.2019 (In Russ.).
17. Method for obtaining betulin: Patent No 2767041 Russian Federation. publ. 16.03.2022. (In Russ.).
18. Razumov E.Yu., Baigildeeva E.I., Safina A.V., Safin R.G. Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry] 2022. No. 1. pp. 33-40. (In Russ.).
19. B.N. Kuznetsov, V.A. Levdansky, A.P. Eskin, N.I. Polezhaeva [ Isolation of betulin and suberin from birch bark activated under conditions of "explosive autohydrolysis]Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. - 1998. – No. 1. – pp. 5-9. (In Russ.).
20. Koptelova, E.N. 18. Koptelova, E.N. Intensification of the betulin extraction process from birch bark using a microwave field Lesnoy zhurnal [Forestry Bulletin] 2013. – No. 5. – pp. 193-201. (In Russ.).

©Gubernatorov V.V. – PhD in Engineering sciences, Senior lecturer of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University (KNRTU), e-mail: valera\_gub@mail.ru; Nazipova L.R. – Master's student of the Department of Wood Materials Processing, KNRTU, e-mail:lnazipova@internet.ru; Akhmetova D.A. – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Wood Materials Processing, KNRTU, e-mail: pdm\_li@mail.ru; Popov A.A. – post-graduate student of the Department of Wood Materials Processing, KNRTU, e-mail:lnazipova@internet.ru.

УДК 504.064

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА ИЗ ПОЧЕК БЕРЁЗЫ

**А.В. Бахтиярова, С.Р. Мамбетова, А.Е. Михайлова**

*Экологические аспекты деятельности предприятия требуют принятия экологически ориентированных управленческих решений посредством определения возможных экологических рисков и их оценки. Управление рисками должно носить системный характер на предприятии. В статье рассмотрены экологические риски при производстве спиртового экстракта из почек берёзы. Идентификация и анализ рисков выполнен с помощью метода HAZID, диаграммы Исикавы и построении дерева отказов.*

**Ключевые слова:** экстракция, риски, метод HAZID, диаграмма Исикавы, дерево отказов.

### Введение

Экологический риск – вероятность возникновения отрицательных изменений в окружающей природной среде, или отдалённых неблагоприятных последствий этих изменений, возникающих вследствие отрицательного воздействия на окружающую среду [9].

Экологический риск может быть вызван как чрезвычайными ситуациями природного и антропогенного, техногенного характера, так и повседневными экологическими аспектами деятельности организации. Оценка экологических рисков - выявление и оценка вероятности наступления событий, имеющих неблагоприятные последствия для состояния окружающей среды, здоровья населения, деятельности предприятия и вызванного загрязнением окружающей среды, не выполнением экологических требований, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [7].

Оценка экологического риска является интегрированной частью корректирующих исследований и изучения мер, предназначенных для охраны окружающей среды.

Актуальность изучения оценки экологических рисков обусловлена тем, что в настоящее время наибольшее внимание уделяется финансовым рискам. Отсутствие оценок экологических рисков на предприятии в будущем оборачивается значительными убытками при возникновении социальных конфликтов и ликвидационных ситуациях, приводящих к катастрофическим последствиям.

Оценку риска целесообразно проводить с позиций системного подхода, позволяющего по принципу «черного ящика» начинать с исследования входящей информации о потенциальных опасностях, обусловленных спецификой производственного процесса экстракции. Для предварительного выявления и описания опасностей и рисков на начальном этапе проектирования объектов, как правило, используется метод HAZID [8].

Метод HAZID - это метод идентификации всех существенных опасностей, связанных с рассматриваемой деятельностью, который допускается применять для разных видов работ, технологических процессов и объектов, рассматриваемых в рамках проектов и промышленной деятельности.

Реализация HAZID должна обеспечить выбор более безопасного и экономически эффективного варианта проекта с минимальными расходами на внесение изменений.

К основным преимуществам HAZID относятся:

- возможность анализа последствий реализации опасностей на ранних стадиях разработки проекта с возможностью выбора оптимальных, альтернативных вариантов технологического проектирования;
- возможность внесения существенных изменений в основные принципы проектирования объекта на самом раннем этапе, до полномасштабного финансирования проектных работ;
- выявление конкретных опасностей и угроз в процессе разработки различных проектных решений и/или вариантов технологического процесса;
- возможность разработки реестра типовых опасностей и последствий для более детального анализа опасностей и рисков и на более поздних этапах жизненного цикла объекта;
- выявление всех предполагаемых непрерывных выбросов от объекта с целью их минимизации на стадии проектирования в соответствии с требованиями компании и третьих сторон.

Систематизация потенциальных причин возникновения опасностей исследуемого процесса экстракции с помощью Диаграммы Исикавы – «диаграммы причинно-следственных связей», помогает категоризировать и визуализировать потенциальные причины возникновения проблемы и докопаться до корневой [1]. Диаграмма дает возможность выявить ключевые параметры процессов, влияющие на характеристики изделий, установить причины проблем процесса или факторы, влияющие на возникновение дефекта в изделии.

Алгоритм построения диаграммы Исикавы позволяет распределить причины проблем по ключевым категориям. В качестве таких категорий выступают – человек, методы работы (действий), механизмы, материал, контроль и окружающая среда. Количество категорий при построении диаграммы можно уменьшать в зависимости от рассматриваемой проблемы [4].

Диаграмма Исикавы обладает следующими преимуществами: позволяет графически отобразить взаимосвязь исследуемой проблемы и причин, влияющих на эту проблему; дает возможность провести содержательный анализ цепочки взаимосвязанных причин, воздействующих на проблему; удобна и проста для применения и понимания персоналом. Для работы с диаграммой Исикавы не требуется высокая квалификация сотрудников, и нет необходимости проводить длительное обучение.

К недостаткам данного инструмента качества можно отнести сложность правильного определения взаимосвязи исследуемой проблемы и причин в случае, если исследуемая проблема является комплексной, т.е. является составной частью более сложной проблемы. Другим недостатком может являться ограниченное пространство для построения и прорисовывания на бумаге всей цепочки причин рассматриваемой проблемы. Но данный недостаток может быть преодолен, если диаграмма Исикавы строится с применением программных средств.

Сложность современных технологических процессов, невозможность сразу охватить весь спектр явлений, способных приводить к аварийным ситуациям, делает целесообразным использование метода «дерева отказов» для комплексного анализа устойчивости функционирования промышленной и экологической безопасности предприятий [2, 6].

Дерево отказов представляет собой дедуктивное логическое построение, которое использует концепцию одного финального события (как правило, авария или отказ блока, всей системы) с целью нахождения всех возможных путей, при реализации которых оно может произойти. Ключевые теоретические основы метода – это предположение, что компоненты в системе либо работают успешно, либо отказывают полностью.

До начала построения дерева отказов необходимо специально определить верхнее событие. Необходимо детальное понимание работы систем ее компонентов, роли операторов и возможных

человеческих ошибок. Для этого рассматривается, какие события или их комбинации могут привести непосредственно к возникновению финального события [5].

В этом способе реализован дедуктивный метод (причины - следствия), что наделяет метод самыми серьезными возможностями по поиску корневых причин событий для статичных систем, так как дает наглядную и подробную схему взаимосвязей элементов инфраструктуры и событий, влияющих на их надежность.

Ценность метода «дерево отказов» заключается в том, что анализ ориентируется на нахождение отказов; позволяет показать в явном виде ненадежные места; обеспечивается графикой и представляет наглядный материал для той части IT-специалистов, которые принимают участие в обслуживании системы; позволяет специалистам поочередно сосредотачиваться на отдельных конкретных отказах системы [6].

Главное преимущество дерева отказов (по сравнению с другими методами) заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы или аварии.

Недостатки дерева отказов состоят в следующем: реализация метода требует значительных затрат средств и времени, так как увеличение детальности рассматриваемой инфраструктуры приводит к геометрическому увеличению числа влияющих событий; дерево отказов представляет собой схему булевой логики, на которой показывают только два состояния: рабочее и отказавшее; дерево отказов описывает систему в определенный момент времени (обычно в установившемся режиме), и последовательности событий могут быть показаны с большим трудом, иногда это оказывается невозможным.

Задачами исследования является определение техногенных опасностей при производстве спиртового экстракта и разработка рекомендаций в целях снижения экологических рисков.

#### Методы и материалы.

Предметом исследования в данной работе являются экологические риски на предприятие по изготовлению спиртовых экстрактов из почек берёзы.

На рисунке 1 представлена технологическая схема производства спиртового экстракта.

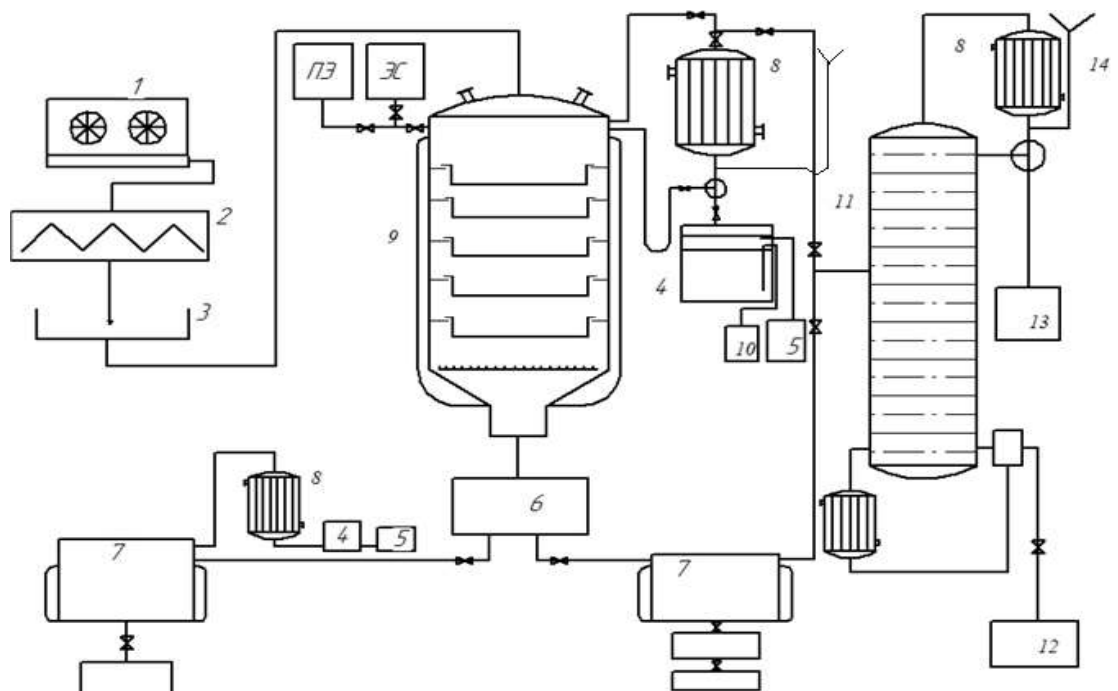


Рис.1 Технологическая схема производства спиртового экстракта: 1-почкоотделитель; 2-измельчитель; 3-жорзина; 4- флорентина; 5-приемник петролейного эфира; 6-промежуточный сборник экстрактивных веществ; 7-перегонный куб; 8- конденсаторы, холодильники; 9-экстрактор; 10-приемник воды; 11-ректификационная колонна; 12- приемник кубового остатка; 13- приемник дистиллята; 14- воздушный затвор

Технология получения спиртового экстракта заключается в проведении следующих этапов: подготовка сырья; экстракция петролейным эфиром и этиловым спиртом; отгонка и упаривание растворителя.

Подготовка сырья состоит из отделения почек от веток, измельчении почек, с целью достижения наибольшего проникновения и выделения экстрактивных веществ.

После подготовки сырье идет на экстракцию. Измельченные почки загружают в корзины 3 и транспортируют в экстрактор 9. В экстрактор подают петролейный эфир и проводят экстракцию, для нагрева используют глухой пар. По окончании процесса экстракт сливается в приемник 6. Почки обдают острым паром, чтобы убрать излишки петролейного эфира. Петролейный эфир уходит через холодильник на флорентине отделяется от воды. Полученный эфир используется повторно для следующей экстракции.

Петролейный экстракт из промежуточного сборника попадает в перегонный куб 7. В перегонном кубе экстракт отделяют от растворителя и в дальнейшем полученные горячие сесквитерпеноиды разливают в широкие банки для по следующего применения. Отделенный растворитель отделяется от воды на флорентине и снова используется.

В почках, оставшихся в экстракторе, отсутствуют сесквитерпеноиды, но остаются другие биологически активные вещества. Для их выделения в экстрактор подают 96% этиловый спирт. Полученный спиртовой экстракт переходит в перегонный куб, далее экстракт упаривают и разливают по бутылкам. Острый пар поступает через нижний штуцер и смешивается с сырьем. В результате такой подачи теплоносителя сырье быстро прогревается, этанол, содержащийся в сырье, закипает и удаляется из верхней части через патрубок вместе с парами воды и поступает в ректификационную колонну 11.

Для рассмотрения потенциальных опасностей был выбран участок, на котором проходит экстрагирование почек березы.

В качестве выявления предупреждающих факторов опасностей, используется анализ опасностей методом HAZID.

Обоснование причин ухудшения процесса экстрагирования проводим с использованием диаграммы Исикавы.

Оценка вероятности экологического риска как события «отказ работы реактора» базируется на построении «дерева отказов».

### Результаты

На начальном этапе использовали метод HAZID, позволяющего исследовать факторы, последствия и угрозы процесса экстракции. .

Результаты исследования документировались в таблице 1.

Таблица 1– Рабочая ведомость HAZID

| <i>Фактор опасности</i>                              | <i>Последствия</i>  | <i>Угрозы</i>   | <i>Профилактические мероприятия</i>  | <i>Приоритет</i> |
|--|---|---|--|------------------|
| <b>1. Внешние и экологические риски</b>              |   |   |  |                  |
| Климатические факторы (высокие и низкие температуры) | Отказ оборудования, разгерметизация трубопроводов и оборудования. Материальный ущерб, экономические потери. | Потеря рабочих характеристик смазочных материалов, элементов аппаратуры                       | Выбор материалов, укрытие от прямого воздействия солнечных лучей. Климатизация помещений, теплоизоляция оборудования.          | 2                |
| Географическое расположение                          | Дальность поставки и приема сырья, экономические потери, отсутствие сырья.                                  | Остановка производственных процессов, большие затраты на сырье, трудности в способах поставки | Проектирование предприятия в оптимальных местах, выбор оптимального способа поставки сырья, использование отходов в технологии | 2                |

| 2. Опасности на объекте                   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| Нулевой уровень сырья в экстракторе       | Работа оборудования в холостую   | Остановка технологического процесса  | Контроль количества сырья, использование дополнительных ресурсов; создание дополнительных запасов сырья  | 3 |
| Возгорание                                | Полное разрушение оборудования, пожар, материальные и экономические потери | Угроза жизни работающему персоналу, нанесение вреда окружающей среде, потери продукции | Контроль температуры сырья, входной контроль температуры растворителей, контроль температуры подачи пара, контроль температуры отвода растворителей                    | 3 |
| 3. Опасные факторы работы на участке      |  |  |  |   |
| Машины, механизмы, инструмент, аппаратура | Получение травм рабочего персонала   | Угроза здоровью человека   | Проведение инструктажа по соблюдению правил при работе оборудования; оснащение рабочих мест необходимыми условиями, автоматизация по возможности рабочего пространства | 2 |
| Пыль, шум                                 | Заболевания рабочего персонала   | Угроза здоровью человека   | Проведение инструктажа по соблюдению правил при работе оборудования; шумоизоляция помещений; установка пылеуловителей; проектирование вентиляции.                      | 3 |

Для визуализации потенциальных причин ухудшения процесса экстрагирования проводили построение диаграммы Исикавы (рис. 2).

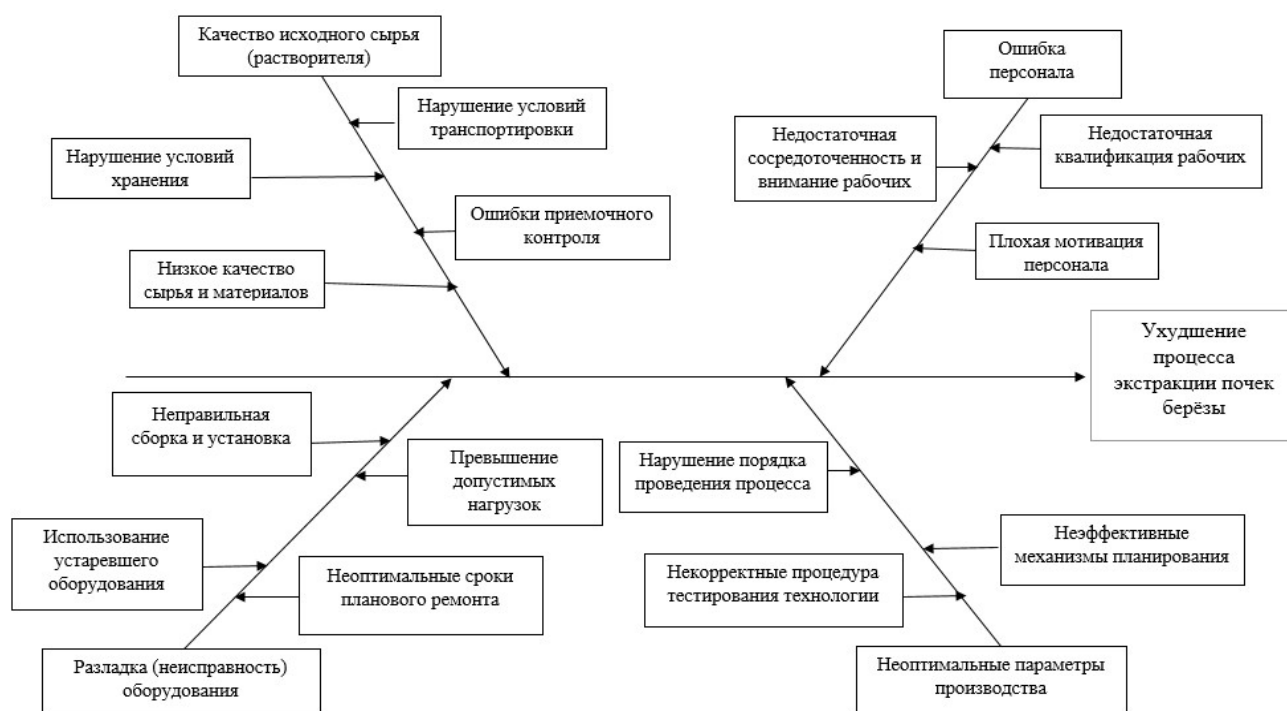


Рис.2. Диаграмма Исикавы

Во многом на процесс влияют качество исходного сырья; рабочие персонал; состояние оборудование и технологические параметры производства.

Необходимой процедурой в оценке экологических рисков, является построение «дерева отказов». Это исследование необходимо для выявления всех путей, которые приводят к главному нежелательному событию при определенном стечении обстоятельств. Таким событием является отказ работы реактора, в котором проходит процесс экстрагирования исходного сырья (рис.3).

В таблице 2 приведены характерные инициирующие события, приводящие к нежелательному конечному событию.

Таблица 2 – Перечень характерных инициирующих событий и их обозначения

| <i>Обозначение</i> | <i>Характеристика события</i>  |
|--------------------|--------------------------------|
| V1                 | Коррозионный износ             |
| V2                 | Усталостный износ              |
| V3                 | Тепловой износ                 |
| V4                 | Разрыв трубопровода            |
| V5                 | Отключение воды на предприятии |
| V6                 | Человеческий фактор            |
| V7                 | Отсутствие питания             |
| V8                 | Ошибка при разработке          |
| V9                 | Внутрисистемная ошибка         |
| V10                | Поломка линии                  |
| V11                | Утечка растворителя из бака    |

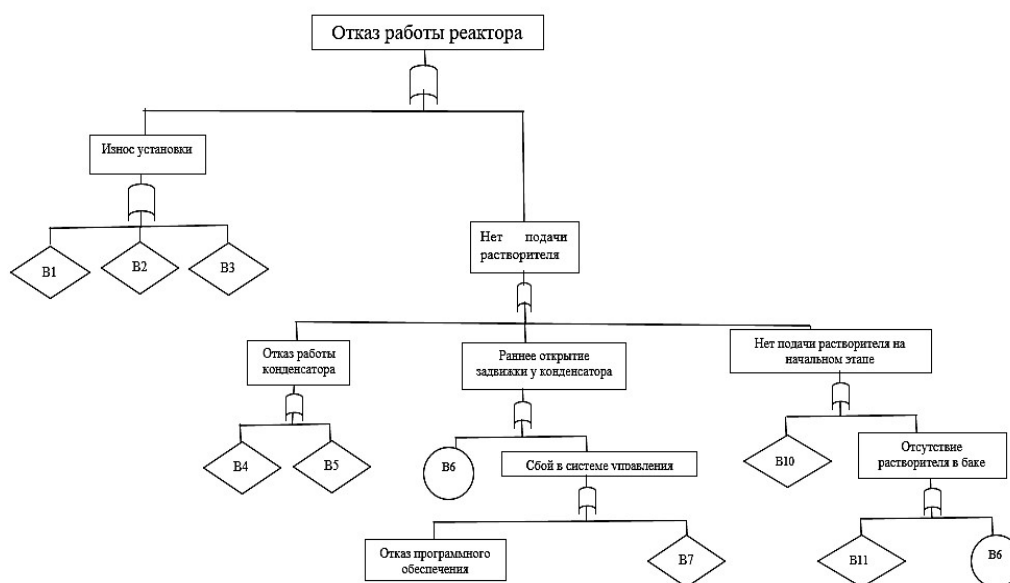


Рис.3. Дерево отказов

Имея конечную схему дерева отказов можно сказать, что минимальная комбинация ошибок персонала и повреждений оборудования, достаточная для возникновения нежелательного события.

### Заключение

Системный подход к исследованию проблемы выявления и оценивания причин экологических рисков процесса экстрагирования почек березы с помощью разнообразных методов и приемов позволяет:

- выявить факторы опасностей и угроз потенциальных экологических рисков. Основной приоритет отдается предупреждению риска возгорания и работы оборудования вхолостую за счет мероприятий по контролю количества и качества сырья, температурных режимов процесса экстракции; (Метод HAZID);
- обозначить причинно- следственную связь ухудшения процесса экстракции за счет отклонений нормативов качества исходного сырья и химикатов, состояния оборудования, технологических параметров производства, ошибок персонала. Своевременный контроль материальных потоков,

технологических параметров и устранение ошибок персонала позволит минимизировать уровень экологического риска. (Метод «диаграмма Исикавы»);

-детализация причин отказов ведущего оборудования, приводящих к нежелательному событию - «отказ работы реактора». Комбинация ошибок персонала приводит к сбоям в работе оборудования (Метод «дерево отказов»).

### Литература

1. Бондарук, А.М. Автоматизированные системы управления качеством в технологических процессах / А.М. Бондарук, С.С. Гоц // - М.: Уфа: Монография, 2016. - 144 с.
2. Бычкова А.Н. Анализ характера и последствий отказов / А.Н. Бычкова, Г.А. Рудаковская //Лекция. - Пенза: ПГУ, каф МСК, 2004. - 44с.
3. ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов / Национальная стандарт Российской Федерации [электронный ресурс].
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска / Национальная стандарт Российской Федерации [электронный ресурс].
5. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий / Национальная стандарт Российской Федерации [электронный ресурс].
6. Дерево отказов, как метод структурного анализа ФТА. Примеры внедрения. / Экосистема обучения от ит-экспертов <https://www.itexpert.ru/rus/biblio/detail.php?ID=16266>
7. Ларионов, Н.М. Промышленная экология: Учебник для бакалавров / Н.М. Ларионов, А.С. Рябышенков. - М.: Юрайт, 2013. - 495 с.
8. Лисанов М.В. Применение методов анализа опасностей HAZID и HAZOP при проектировании газотранспортного терминала / М.В. Лисанов, В.В. Симакин, А.И. Мукашенко, П.И. Дворниченко, А.В. Еремеев-Райхерт // Безопасность труда в промышленности – 2008 – №8 – с. 71.
9. Хандоги́на, Е.К. Экологические основы природопользования [Текст]: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / Е.К. Хандоги́на, Н.А. Герасимова, А.В. Хандоги́на; под общ. ред. д. б. н. Е.К. Хандоги́ной. - М.: ФОРУМ - ИНФРА-М, 2011. - 158 с.

©**Бахтиярова А.В.** – ст. препод. кафедры технологии лесохимических производств, химии древесины и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова» (ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ им. С.М. Кирова»), e-mail: Nyroc@ Rambler.ru; **Мамбетова С.Р.** – студент кафедры технологии лесохимических производств, химии древесины и биотехнологии ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ им. С.М.Кирова», e-mail: sofya.mam@icloud.com; **Михайлова А.Е.** – канд.техн.наук, доцент кафедры экономики, учёта и анализа хозяйственной деятельности ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ им. С.М. Кирова», e-mail: mikhailovaae@ya.ru.

UDC 504.064

## IDENTIFICATION OF ENVIRONMENTAL RISKS OF PRODUCTION OF ALCOHOL EX-TRACT FROM BIRCH BUDS

**A.V. Bakhtiyarova, S.R. Mambetova, A.E. Mikhailova**

*The environmental aspects of the enterprise require the adoption of environmentally oriented management decisions through the identification of possible environmental risks and their assessment. Risk management should be systematic at the enterprise. The article considers environmental risks in the production of alcohol extract from birch buds. Risk identification and analysis is performed using the HAZID method, Ishikawa diagram and fault tree structure.*

**Keywords:** extraction, environmental risks, HAZID method, Ishikawa diagram, failure tree.

### References

1. Bondaruk A.M., Gots S.S. [Automated quality management systems in technological processes]M.:Ufa:Monografiya [M.: Ufa: Monograph] 2016.pp. 144. (In Russ.).
2. Bychkova A.N., Rudakovskaya G.A. [Analysis of the nature and consequences of failures] Lektsiya. - Penza: PGU, kafedra MSK [Lecture. - Penza: PGU, Department of Moscow] 2004. pp. 44. (In Russ.).

3. GOST R 51901.12-2007 (IEC 60812:2006) [Risk management. Method for analysis of types and consequences of failures] Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii (elektronnyy resurs) [National standard of the Russian Federation (electronic resource)]. (In Russ.).
4. GOST R ISO/IEC 31010 201. [Risk management. Risk assessment methods] Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii (elektronnyy resurs) [National standard of the Russian Federation (electronic resource)]. (In Russ.).
5. GOST R IEC 62502-2014. [Risk management. Event Tree Analysis] Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii (elektronnyy resurs) [National standard of the Russian Federation (electronic resource)]. (In Russ.).
6. [Fault tree as a method of structural analysis FTA. Examples of implementation.] Ekosistema obucheniya ot it-ekspertov Learning ecosystem from IT experts] [https:// www.itexpert.ru/rus /biblio/detail.php? ID=16266](https://www.itexpert.ru/rus/biblio/detail.php?ID=16266) (In Russ.).
7. Larionov N.M., Ryabyshenkov A.S.[Industrial ecology: Textbook for bachelors] M.: Yurayt [M.: Yurayt] 2013. pp. 495. (In Russ.).
8. Lisanov M.V., Simakin V.V., Muka shenko A.I., Dvornichenko P.I., Eremeev-Reichert A.V. [Application of HAZID and HAZOP Hazard Analysis Methods in the Design of a Gas Transport Terminal] Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Labor safety in industry] 2008. No. 8. pp. 71. (In Russ.).
9. Khandogina E.K., Gerasimova N.A., Khandogina A.V. [Ecological foundations of nature management (Text): a textbook for students of institutions of secondary vocational education; under total ed. b. n. E.K. Khandogina.] M.: FORUM - INFRA-M [M.: FORUM - INFRA-M] 2011. pp. 158 (In Russ.).

©**Bakhtiarova A.V.** – Senior Lecturer of the Department of Technology of Forest Chemical Production, Wood Chemistry and Biotechnology, St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov (SPbSFTU named after S.M. Kirov), e-mail: Nyroc@rambler.ru; **Мамбетова С.Р.**– Student of the Department of Technology of Forest Chemical Production, Wood Chemistry and Biotechnology, SPbSFTU named after S.M. Kirov, e-mail: sofya.mam@icloud.com; **Михайлова А.Е.**– PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Accounting and Analysis of Economic Activities of St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, e-mail: mikhailova@ya.ru.

УДК 691.175

## ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ БИОПОЛИМЕРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

**А.В. Сафина, Я.Д. Погодина**

*В статье приведен обзор современных направлений использования полимеров из растительного сырья в производстве биокomпозитов с учетом последних достижений научных исследований. Создание новых биоразлагаемых композиционных материалов на основе природных полимеров растительного происхождения является актуальным направлением исследований ученых всего мира. Использование натуральных полимеров в качестве матриц или армирующих волокон существенно улучшают физико-химические свойства композитов. рассмотрены различные виды природных полимеров, проанализированы их возможности в направлении изменения свойств композитов и области применения. установлено, что полисахариды играют важную роль в резервировании продуктов питания и используются в пищевой промышленности. белки могут улучшить производство искусственных тканей или имплантатов для регенерации тканей. применение натурального каучука в производстве биокomпозитных материалов показывает хорошую устойчивость к старению. Композиты на основе полиэфиров, таких как полигидроксиалканоат, полигидроксibuтират и полилактид, нашли применение в медицинской промышленности для производства саморассасывающихся шовных материалов, в качестве источников для производства биотоплива и биоразлагаемых упаковок. Добавление лигнина как биополимера показывает его хорошую эффективность в качестве адсорбента и нанокатализатора для улучшения системы пероральной доставки лекарственных средств. Наночастицы лигнина, их композиты и производные также нашли широкое применение в производстве экологически чистого топлива и в качестве устройств для хранения тепловой энергии.*

**Ключевые слова:** биополимеры, растительное сырье, композиты, полисахариды, белки, натуральный каучук, полиэфиры, лигнин.