

УДК 502.36 : 621.45.01 : 004.945

**ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ЗАСТАРЕЛОЙ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ,
РАЗМЕЩЕННОЙ В ЗЕМЛЯНЫХ НАКОПИТЕЛЯХ**

© 2024 Д.Н. Шерстобитов, В.В. Ермаков, А.В. Васильев, В.Н. Пыстин, Д.Е. Быков

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 15.02.2023

В статье приводятся результаты обезвреживания застарелой послеспиртовой барды методом компостирования в лабораторных условиях. В качестве объекта исследований выступала проба застарелой послеспиртовой барды, отобранная из земляных накопителей, расположенных вблизи с. Рождествено Самарской области. Компостируемая масса непрерывно аэрировалась, в качестве порообразующей добавки использовались древесные опилки. Компостирование проходило при поддержании влажности в диапазоне 45 – 60 %. В процессе компостирования непрерывно контролировались температура компоста и влажность. Компостируемая масса регулярно анализировалась по химическим компонентам: аммонийному, нитритному и нитратному азоту, органическому веществу, БПК₅ и ХПК водной вытяжки. Дополнительно, на протяжении всего эксперимента проводился анализ компостируемой массы на содержание органических веществ. Полученные результаты помогли более детально проследить динамику химических превращений в процессе компостирования застарелой послеспиртовой барды, а также доказать эффективность выбранного метода обезвреживания при обращении с данным отходом.

Ключевые слова: барда послеспиртовая, компостирование, отходы спиртовой промышленности.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-1-135-140

EDN: LFPWHZ

1. ВВЕДЕНИЕ

Спиртовая барда – отход, образующиеся в результате производства этилового спирта, представляет собой светло-желтую жидкость с неприятным органическим запахом. Влажность отхода составляет не более 94%, при производстве каждого литра этилового спирта образуется 13 литров спиртовой барды. Объем произведенного спирта в России за 2019–2021 гг. составил 250 965,5 дал (2 509.67 м³), следовательно, ориентировочный объем образования послеспиртовой барды – 32 тыс. м³ [1].

Спиртовая барда является питательной средой для микроорганизмов за счет высокого содержания органических кислот, спиртов,

аминокислот и т.д. Данный отход необходимо утилизировать в короткое время после образования для недопущения распространения патогенной микрофлоры.

В России способы утилизации спиртовой барды отражены во множествах патентах, содержащих, в основном, описание микробиологических методов [2–6]. В данных патентах спиртовая барда используется в качестве питательной среды для микроорганизмов. Конечным продуктом жизнедеятельности микроорганизмов является белок, используемый в качестве кормовой базы для сельскохозяйственных животных [7,8]. Спиртовая барда достаточно широко применяется для повышения урожайности различных сельскохозяйственных культур. Внесение спиртовой барды в качестве органического удобрения оказывает положительное влияние на формирование зеленой массы кукурузы [9]. Использование спиртовой зерновой барды в качестве удобрения повысило урожайность кукурузы как при отдельном внесении, так и в сочетании с известью и N₄₅P₄₅K₄₅ [10]. В настоящее время большинство заводов по производству этилового спирта перерабатывает послеспиртовую барду в сухую кормовую пшеничную барду (Dried distillers grains with solubles (DDGS)). Предприятия начали активную переработку послеспиртовой барды после утверждения Приказа Росалкогольрегулирования от 04.12.2012

Шерстобитов Данил Николаевич, аспирант кафедры химической технологии и промышленной экологии. E-mail: sherstobitovdn@gmail.com

Ермаков Василий Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии. E-mail: wassiliy@rambler.ru

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный эколог Самарской области, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и управление качеством». E-mail: avassil62@mail.ru

Пыстин Виталий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии. E-mail: vitaliy.pystin@yandex.ru

Быков Дмитрий Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, ректор Самарского государственного технического университета. E-mail: rector@samgtu.ru

№ 365 «Об утверждении Порядка полной переработки барды (основного отхода спиртового производства) и перечня соответствующего технологического оборудования». До вступления в силу данного нормативного акта переработкой послеспиртовой барды занимались малое количество предприятий.

Между тем, на предприятиях, не оборудованных сооружениями обезвреживания органико-минеральных отходов, происходило несанкционированное размещение барды в отвалах, имеющих форму выемки и отсеченных земляными дамбами. Одним из спиртовых заводов, размещающих послеспиртовую барду в земляные накопители без предварительной переработки, являлся ныне закрытый Рождественский спиртовой завод. Завод, построенный в 1896 году, был закрыт в 2013 году по иску Самарской межрайонной природоохранной прокуратуры. За время деятельности данного спиртового завода было размещено не менее 150 000 м³ отходов, преимущественно представленных послеспиртовой бардой, на площади размером 42 га. Причиной закрытия спиртового завода было распространение неприятного запаха на расстояние до 10 км от места выгрузки отходов. Основной проблемой на данный момент является непригодность данного отхода для переработки в кормовой продукт за счет высокого содержания токсичных веществ, прохождения процессов аэробного и анаэробного сбраживания, а также наличия посторонних включений (грунта, других отходов и т.п.).

Специалистами ФГБОУ ВО «СамГТУ» были проведены комплексные инженерные изыскания на участке размещения послеспиртовой барды площадью 42 га. Согласно проведенным исследованиям большая часть территории размещения антропогенных грунтов (минерализованной спиртовой барды, строительного мусора и твердых коммунальных отходов) подверглась самозарастанию. При этом растительный покров выступил в качестве естественного фитобарьера, защищающего воздушную среду от эмиссий, обладающих негативным органолептической. На участке выявлены множественные формы источников загрязнения и нарушенной геосреды, представляющих собственно спиртовую барду различного срока пребывания в окружающей среде (разливы в естественных углублениях и обустроенные накопители), смесь грунта и барды в разных соотношениях, грунты обвалования, почвы, испытывающие негативное воздействие в результате смыва загрязнителей с поверхности антропогенных образований, а также грунты в той или иной степени пропитанные фильтратом [11].

Целью настоящей работы выступает создание технологии обезвреживания застарелых отходов

спиртовой барды, с увеличением скорости аэробного разложения дурнопахнущих соединений.

Для достижения поставленной цели производился анализ состава застарелой спиртовой барды с определением видов и концентраций соединений, образующихся в результате аэробного биотермического разложения органических веществ.

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В вегетационный период 2023 г. был проведен эксперимент по компостированию образцов застарелой спиртовой барды в лабораторных условиях с целью определения параметров процесса обезвреживания данного вида отхода. Объект исследования – отходы застарелой спиртовой барды, отобранные из накопителей, расположенных в с. Рождествено Самарской области. Масса отобранной пробы - 50 кг. В качестве экспериментальной установки использовался пластиковый поддон объемом 50 литров с предварительно выполненными каналами непрерывной аэрации, расход воздуха - 450 л воздуха в час. В качестве наполнителя для разрыхления были внесены древесные опилки в объемном соотношении 1:2. Внесение древесных опилок позволяет повысить проницаемость компостируемой массы, кроме того, древесные опилки являются природным адсорбентом, которые способны сорбировать сложные органические вещества. Длительность эксперимента - 12 недель, на протяжении всего эксперимента проводился непрерывный контроль температуры и влажности компостируемой массы, а также температуры окружающей среды. Влажность на протяжении эксперимента поддерживалась на уровне 45-60%.

Процесса аэробного компостирования органических отходов предполагает протекание 3 стадий. Первая стадия – развитие микрофлоры, характеризующаяся адаптацией организмов к условиям среды. На данной стадии, продолжительность которой в зависимости от условий проведения эксперимента и вида субстрата может составлять до 15 суток, происходит интенсивное развитие мезофильных бактерий. На данной стадии степень минерализация органического вещества может достигать 5 – 15 %.

Вторая стадия – интенсивная биодеструкция, характеризуется максимальными значениями степени распада органики, что связано с активной жизнедеятельностью микрофлоры. На данной стадии в результате термогенеза достигаются высокие температуры (до 60°C), при которых обеспечивается обеззараживание и обезвреживание отхода. В связи с относительно небольшим объемом отхода термогенез существенно ниже теплоотдачи в окружающую среду и при лабо-

раторном исследовании производился дополнительный нагрев компостируемой массы.

Третья стадия характеризуется завершением процесса компостирования, падением температуры, минимальным разложением органики, что связано с исчерпанием субстрата, доступного для компостной микрофлоры, самоокислением последней и подавлением биодеструкции.

Динамика изменения свойств отхода, в том числе его опасности для окружающей среды, определялась по результатам выполнения количественного химического анализа валовых показателей и изменения содержания различных кислородсодержащих компонентов вытяжки. Определение состава выполнялось в день начала эксперимента и далее каждую неделю вплоть до 8 недели, далее каждые две недели.

Перечень химических показателей для количественного химического анализа включал влажность, азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный, органическое вещество, БПК и ХПК водной вытяжки. Для определения концентрации органических веществ в отходе применялся газохроматографический анализ.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты количественного химического анализа спиртовой барды представлены в таблице 1.

В исходном отходе отмечена высокая влажность и значительное содержание аммонийного азота. Высокая концентрация аммонийного азота по сравнению с нитритным и нитратным азотом свидетельствует об отсутствии процесса нитрификации вследствие прекращения доступа кислорода в естественных условиях размещения отхода. Дополнительно проводилось определение биологического и химического потребления кислорода водной вытяжки. Основным показателем эффективности протекания процесса компостирования является содержание органического вещества, в таблице представлено содержание данного показателя на сухое вещество.

В результате эксперимента достигнуто снижение содержания органического вещества в образце отхода с 32,04% до 5,13% (Рисунок 1). На 1 стадии компостирования (1-ая неделя) температура компостируемой массы с 24°C поднялась до 28 °С, что свидетельствует об адапта-

Таблица 1. Результаты количественного химического анализа

Показатели	Начало	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	5 нед.	6 нед.	7 нед.	8 нед.	10 нед.	12 нед.
Влажность, %	81,9	67,2	58,3	51,2	49,6	54,4	52,3	50,4	47,9	49,6	50,7
Азот нитратный, мг/кг	1,49	1,42	2,49	2,96	3,55	5,14	7,36	9,38	12,77	13,06	12,95
Азот нитритный, мг/кг	37,09	36,45	31,84	28,87	25,12	16,9	11,83	6,29	4,56	4,33	4,28
Азот аммонийный, мг/кг	3667	3587	3124	2742	2467	2278	2153	1773	1636	1578	1530
Органическое вещество, %	32,04	30,29	29,43	25,72	18,49	10,95	6,49	6,04	5,72	5,43	5,13
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	366	357	329	321	315	276	261	213	194	185	177
ХПК, мг/дм ³	198	194	185	177	174	153	126	111	96	94	91

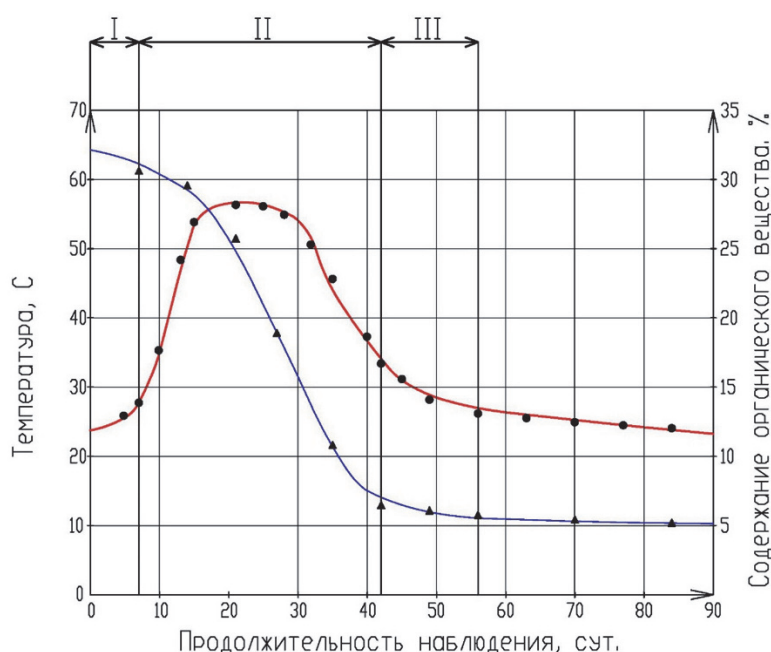


Рис. 1. Оценка эффективности процесса компостирования отходов застарелой спиртовой барды

Таблица 2. Результаты газохроматографического анализа застарелой спиртовой барды

№	Компонент	Группа	Нач.	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	5 нед.	6 нед.	7 нед.	8 нед.	10 нед.	12 нед.	Ед. конц.
1	Ацетальдегид	Альдегиды	88,44	85,62	78,41	45,26	29,35	15,51	8,74	1,43	-	-	-	мг/дм ³
2	Бензальдегид	Альдегиды	27,46	23,84	11,22	7,23	5,66	2,05	-	-	-	-	-	мг/дм ³
3	Ацетон	Кетоны	1,15	1,08	0,88	0,55	0,34	-	-	-	-	-	-	об %
4	Метиловый спирт	Спирты	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	мг/дм ³
5	Бензиловый спирт	Ароматические спирты	-	0,09	0,51	1,04	1,89	0,93	-	-	-	-	-	мг/дм ³
6	Фенилэтиловый спирт	Ароматические спирты	59,88	52,35	8,83	6,34	5,95	5,39	3,91	2,46	1,00	0,36	-	мг/дм ³
7	Изопропиловый спирт	Сивушное масло	6,83	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	мг/дм ³
8	Пропиловый спирт	Сивушное масло	47,56	22,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	мг/дм ³
9	н-бутиловый спирт	Сивушное масло	75,23	38,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	мг/дм ³
10	Изоамиловый спирт	Сивушное масло	34,44	30,47	24,99	17,98	10,53	4,62	-	-	-	-	-	мг/дм ³
11	Амиловый спирт	Сивушное масло	31,47	29,83	28,54	21,62	13,09	6,10	-	-	-	-	-	мг/дм ³
12	Гексиловый спирт	Сивушное масло	2,73	2,61	1,85	1,69	1,54	1,02	0,73	0,18	-	-	-	мг/дм ³

ции мезофильных бактерий и начале процесса аэробной биодеструкции. Концентрация органического вещества после 1 стадии составила 30,29%. 2 стадия компостирования (2-6 недели) характеризовалась развитием мезофильных, а затем и термофильных бактерий. Температура компостируемой массы на 2 стадии достигла 57 °С, наблюдалась интенсивная биодеструкция органических компонентов отхода, концентрация органического вещества на 42 день эксперимента составила 6,49%. На этой стадии произошло значительное изменение органолептических свойств отхода, почти полностью исчез неприятных запахов. На 3 стадии «вызревания» компоста (7-8 недели), содержание органического вещества снизилось до 5,72%, а температура компостируемой массы снизилась до 26 °С. Эксперимент по компостированию продолжался вплоть до 12 недели, что определено минимально возможным сроком благоприятного климатического сезона в условиях положительных температур на большей части России. По окончании 12 недели содержание органического вещества составило 5,13 %, а температура компоста соответствовала температуре окружающей среды.

Согласно таблице 1 в первые восемь недель компостирования наблюдалось значительное снижение содержания аммонийного и нитритного азота до 43% и 12% соответственно. Параллельно происходило увеличение содержания нитратного азота более чем в 8 раз, что свидетельствует о протекании реакции нитрификации при интенсивной аэрации.

Известно, что при производстве этилового спирта образуются такие токсичные вещества

как эфирно-альдегидная фракция и сивушные масла, являющиеся составной частью спиртовой барды. Для оценки разложения данных веществ в процессе компостирования был проведен газохроматографический анализ образцов застарелой спиртовой барды. Газохроматографический анализ проводился на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000».

Результаты анализа спиртовой барды представлены в таблице 2.

Застарелая спиртовая барда, согласно газохроматографическому анализу, содержит органические вещества различных групп: альдегиды, кетоны, сивушные масла и ароматические спирты.

Во всех проанализированных пробах отсутствует метанол, который является высокотоксичным веществом. Отделение метилового спирта происходило в результате ректификации спирта-сырца на заводе по производству этилового спирта и в состав барды он не попадает, но даже в случае попадания он быстро испаряется в летний период.

Высокая концентрация ацетальдегида (88,44 мг/дм³) является следствием процесса окисления этилового спирта при хранении спиртовой барды в условиях контакта с окружающей средой. Ацетальдегид является веществом с высокой летучестью и испаряется в компосте к 8 неделе. Бензальдегид из ряда альдегидов является менее летучим соединением в сравнении с ацетальдегидом, образуется при окислении бензилового спирта. При компостировании часть данного соединения окисляется до бензойной кислоты и связывается ионами кальция и магния в соли (в

ходе хроматографического анализа не определяется), другая же часть улетучивается).

Ацетон из ряда кетонов в первоначальном отходе является продуктом реакции ацетоно-бутилового брожения углеводов, в результате которого также образуются бутиловый и этиловый спирты. При высоком содержании в начальном образце (1,15 об.%) полностью испаряется благодаря интенсивной отдувке воздухом компостируемой массы.

Концентрация бензилового спирта, в отличие от других соединений, возрастает во время процесса компостирования. Это может быть вызвано окислением органических компонентов до бензойного альдегида. Начало роста концентрации бензилового спирта происходит со второй недели, а заканчивается на четвертой. Данное вещество, предположительно, является полупродуктом химической реакции и после определённого роста концентрации начинает расходоваться. Содержание фенилэтилового спирта напротив, с достаточно высокого значения 59,88 мг/дм³ постепенно снижается до 0,36 мг/дм³ на 10 неделе. Фенилэтиловый спирт, как и остальные составляющие, испаряется под действием аэрации, при этом не являясь полупродуктом. За счет высокой концентрации в первоначальном отходе, а также низкой летучести, процесс идет медленно. Фенилэтиловый спирт является единственным из выбранных соединений, концентрация которого детектируется по прошествии 10 недель.

Сивушные масла (смесь спиртов) являются основными побочными продуктами спиртового брожения. В первоначальной пробе отхода спиртовой барды присутствует 6 соединений, такие как изопропиловый, пропиловый, н-бутиловый, изоамиловый, амиловый и гексиловый спирты. Изопропиловый, пропиловый и н-бутиловый спирты за счет низкой температуры кипения и высокой летучести не детектировались уже на 2 неделе эксперимента. Изоамиловый, а также амиловый спирты не обнаруживались на 6 неделе, являясь менее летучими соединениями. Концентрация гексилового спирта детектировалась вплоть до 7 недели, постепенно снижаясь до нуля.

В процессе компостирования были интенсифицированы процессы полного разложения всех органических составляющих спиртовой барды, определенных при помощи газохроматографического анализа (таблица 2) к 12 неделе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы выявлены некоторые закономерности компостирования застарелой спиртовой барды. При отсутствии контакта отхода с воздухом не происходят процессы раз-

ложения аммонийного и нитритного азота. В результате компостирования при аэрировании было выявлено значительное снижение концентраций аммонийного и нитритного азота, а также увеличение содержания нитратного, что свидетельствует о протекании нитрификации. Отмечено развитие реакции термогенеза, что сопровождалось снижением концентрации органического вещества с 32,04% до 5,72% в конце 8 недели. В результате анализа компонентного состава застарелой спиртовой барды отмечено полное разложение 11 детектируемых компонентов к 12 неделе. Между тем, наибольшая минерализация органического вещества застарелой спиртовой барды наблюдается в первые 8 недель компостирования. За указанный период отмечено обезвреживание 10 из 11 компонентов. Единственным компонентом, детектируемым на 8 неделе с концентрацией 1,00 мг/дм³, является фенилэтиловый спирт.

Проведенный эксперимент доказал эффективность метода компостирования для обезвреживания отходов застарелой спиртовой барды с использованием древесных опилок в качестве наполнителя. По результатам эксперимента выявлено, что процесс обезвреживания с наибольшей эффективностью протекает в первые 8 недель, далее, как изменение концентраций веществ, так и снижение температуры, остаются незначительными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический сборник Федеральной службы по регулированию алкогольного рынка «Основные показатели, характеризующие рынок алкогольной продукции в 2019-2021 годах». – URL: https://fsrar.gov.ru/files/26163_stats_2019-2021.pdf (дата обращения 14.01.2024).
2. Кравченко В.Т., Антонюк А.А., Воропанова Л.А., Головской Э.А., Харебова Т.Я. Способ переработки спиртовой барды: 2259394 (РФ). 2003.
3. Андриянов Ю.В., Бочкарев Я.В., Кузин А.В. Способ переработки спиртовой барды с получением кормпродукта. Пат. 2244439 (РФ). 2003.
4. Кононов В.Н. Линия для утилизации послеспиртовой барды. Пат. 45732 (РФ). 2005.
5. Шамуков С.В., Чистяков В.Н., Жариков Л.К., Тихонова Г.Г., Гришин В.П., Вишняков В.Д., Гасумян В.И., Астров Р.В., Рогов В.И. Способ утилизации спиртовой барды из зернового сырья: Пат. 2374319 (РФ). 2008.
6. Кабалоев Т.Х., Бекузарова С.А., Калоев Б.С., Томаев Т.О. Способ получения корма на основе утилизированной спиртовой барды: Пат. 2681295 (РФ). 2018.
7. Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Способ производства белково-витаминного корма: Пат. 2203315 (РФ). 2012.
8. Винаров А.Ю., Заикина А.И., Захарычев А.П., Зобнина В.П., Сидоренко Т.Е., Ковальский Ю.В., Рогачева Р.А., Зорина Л.В. Способ получения белковой кормовой добавки: Пат. 2159287 (РФ). 2000.

9. Гурин, А.Г. Агрохимическая оценка использования отходов производства в виде спиртовой барды на посевах кукурузы на силос / А.Г. Гурин, А.Д. Кожухов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1(40). – С. 23-28.
10. Дзанагов, С.Х. Влияние нетрадиционных удобрений на рост и урожайность кукурузы / С.Х. Дзанагов, А.А. Езеев, Р.В. Калагова, З.А. Гутиева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 2. – С. 45-50.
11. Пыстин, В.Н. Утилизация отходов и ликвидация объекта накопленного вреда в условиях особо охраняемой природной территории / В.Н. Пыстин, Е.В. Губарь, О.В. Тупицына, Д.Е. Быков, К.Л. Чертес // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26. – № 5. – С. 22-27.

DECONTAMINATION OF AGED ALCOHOL BARDPLACED IN GROUND DEPOSITORIES

© 2024 D.N. Sherstobitov, V.V. Ermakov, A.V. Vasilyev, V.N. Pystin, D.E. Bykov

Samara State Technical University, Samara, Russia

The article presents the results of composting aged alcohol bard by composting in the laboratory. The study focused on samples of aged post-distillery grain collected from storage sites near the village of Rozhdestveno in the Samara region. The composting mass was continuously aerated, and wood chips were added as a bulking agent. Composting was carried out while maintaining a moisture level in the range of 45-60%. Throughout the process, the compost temperature and moisture were continuously monitored. The compost was regularly analyzed for chemical components, including ammonium, nitrite, nitrate nitrogen, organic matter, BOD 5, and COD of water extract. Additionally, samples of the composting mass were analyzed by gas chromatography throughout the experiment. The obtained results helped to trace the dynamics of chemical transformations during the composting of aged post-distillery grain and demonstrated the effectiveness of the chosen method for treating this waste.

Keywords: Aged alcohol bard, composting, distillery waste.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-1-135-140

EDN: LFPWHZ

REFERENCES

1. Statisticheskij sbornik Federal'noj sluzhby` po regulirovaniyu alkohol'nogo ry'nka «Osnovny'e pokazateli, karakterizuyushhie ry'nok alkohol'noj produkcii v 2019-2021 godax». – URL: https://fsrar.gov.ru/files/26163_stats_2019-2021.pdf (data obrashheniya 14.01.2024).
2. Kravchenko V.T., Antonyuk A.A., Voropanov L.A., Golovskoj E.A., Xarebova T.Ya. Sposob pererabotki spirtovoj bardy`. Pat. 2259394 (RF). 2003.
3. Andriyanov Yu.V., Bochkarev Ya.V., Kuzin A.V. Sposob pererabotki spirtovoj bardy` s polucheniem kormprodukta. Pat. 2244439 (RF). 2003.
4. Kononov V.N. Liniya dlya utilizacii poslespirtovoj bardy`. Pat. 45732 (RF). 2005.
5. Shamukov S.V., Chistyakov V.N., Zharikov L.K., Tixonova G.G., Grishin V.P., Vishnyakov V.D., Gasumyan V.I., Astrov R.V., Rogov V.I. Sposob utilizacii spirtovoj bardy` iz zernovogo sy`ra: Pat. 2374319 (RF). 2008.
6. Kabaloev T.X., Bekuzarova S.A., Kaloev B.S., Tomaev T.O. Sposob polucheniya korma na osnove utilizirovannoj spirtovoj bardy`. Pat. 2681295 (RF). 2018.
7. Rimareva L.V., Lozanskaya T.I., Xudyakova N.M. Sposob proizvodstva belkovo-vitaminogo korma: Pat. 2203315 (RF). 2012.
8. Vinarov A.Yu., Zaikina A.I., Zaxary`chev A.P., Zobnina V.P., Sidorenko T.E., Koval'skij Yu.V., Rogacheva R.A., Zorina L.V. Sposob polucheniya belkovo kormovoj dobavki: Pat. 2159287 (RF). 2000.
9. Gurin, A.G. Agroximicheskaya ocenka ispol'zovaniya otxodov proizvodstva v vide spirtovoj bardy` na posevax kukuruzy` na silos / A.G. Gurin, A.D. Kozhuxov // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 1(40). – С. 23-28.
10. Dzanagov, S.X. Vliyanie netradicijny`x udobrenij na rost i urozhajnost` kukuruzy` / S.X. Dzanagov, A.A. Ezeev, R.V. Kalagova, Z.A. Gutieva // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – Т. 51. – № 2. – С. 45-50.
11. Py`stin, V.N. Utilizaciya otxodov i likvidaciya ob`ekta nakoplenno go vreda v usloviyax osobo oxranyaemoj prirodnoj territorii / V.N. Py`stin, E.V. Gubar`, O.V. Tupicyna, D.E. By`kov, K.L. Chertes // E`kologiya i promy`shlennost` Rossii. – 2022. – Т. 26. – № 5. – С. 22-27.

Danil Sherstobitov, Postgraduate Student at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology.

E-mail: sherstobitovdn@gmail.com

Vasily Ermakov, Candidate of Technical Science, Associate Professor at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology. E-mail: wassiliy@rambler.ru

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Honorary Ecologist of Samara Region of Russia, Head

of the Department of Technosphere Safety and Quality Management. E-mail: avassil62@mail.ru

Vitaliy Pystin, Candidate of Technical Science, Associate Professor at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology. E-mail: vitaliy.pystin@yandex.ru

Dmitriy Bykov, Doctor of Technical Science, Professor, Rector of Samara State Technical University.

E-mail: rector@samgtu.ru