

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040238**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2022.05.11**

**(21)** Номер заявки  
**201991846**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2019.09.04**

**(51)** Int. Cl. **C12P 7/06** (2006.01)  
**C12N 1/12** (2006.01)  
**C12N 9/16** (2006.01)  
**C12N 9/42** (2006.01)  
**C02F 3/32** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА ИЗ ВОДОРОСЛЕЙ**

---

**(31)** 2018132582

**(32)** 2018.09.11

**(33)** RU

**(43)** 2020.04.30

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "УРАЛЬСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА" (RU)**

**(56)** RU-C2-2421521

КУЧКИНА А.Ю. и др. Источники сырья, методы и перспективы получения биодизельного топлива. Сибирский федеральный университет. Биология 1, (2014 7), 14-42, с. 22

BIBI Riaz et al. Algal bioethanol production technology: A trend towards sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, vol. 71, pp. 976-985, с. 980, правая кол., абзац 2

US-A1-20070202582  
KR-A-20120114851

**(72)** Изобретатель:

**Волкова Марина Владимировна,  
Сарапулова Арина Сергеевна,  
Мацегор Александр Олегович (RU)**

**(74)** Представитель:

**Казгова К.А. (RU)**

---

**(57)** Изобретение относится к области экологии в энергетике, биотехнологии. Для получения биоэтанола осуществляют предварительное формирование биомассы, инициирование ее распада путем ферментативного гидролиза, введение в распадающуюся биомассу дрожжей для образования бродящего раствора и отделение получившегося этанола от бродящего раствора. В качестве водорослей используют одноклеточные и/или пресноводные растения, растущие в воде. Предварительное формирование биомассы водорослей осуществляют на промышленной воде, например, ТЭЦ или ТЭС. Ферментативный гидролиз проводят с помощью комплексов ферментов целлюлаз, или гемицеллюлаз, или пектиназ, или десульфатаз при температуре 45-85°C за счет сбросного тепла ТЭЦ или ТЭС. При этом контроль температурного режима осуществляют изменением объема сбросного тепла ТЭЦ и ТЭС. Контролируют уровень этанола и отделение его начинают, когда уровень этанола в бродящем растворе составляет выше 4-9% объема.

---

**B1**

**040238**

**040238**

**B1**

Изобретение относится к области экологии в энергетике, снижению антропогенных выбросов ТЭЦ и ТЭС, а также к области биотехнологии и может быть применено для получения биоэтанола из водорослей.

Известен способ получения этанола из морских водорослей (патент RU 2421521, приор. 11.02.2009, опубл. 20.08.2010, 20.06.2011, С12Р 7/06 (2006.1), предлагающий использование биомассы из предварительно собранных и высушенных водорослей. Для дальнейшего использования в процессе получения биоэтанола биомассу подвергают химическому и ферментативному гидролизу, после чего сбраживают.

К числу недостатков способа следует отнести химический гидролиз, который достаточно опасен, т.к. подразумевает химические процессы.

Известен способ и устройство для превращения целлюлозного материала в этанол (патент RU 2432368, С08Н 7/00 (2011.01), С12Р 7/10 (2006.01), А23К 1/06 (2006.01)), в котором биоэтанол получают из биомассы, представляющей из себя кукурузные стебли, рубленые цельные растения и жом. Для извлечения сахаров из биомассы ее предварительно вымачивают, обрабатывают уксусной кислотой, затем отжимают и разделяют на фракции, сбраживают. В данном производстве требуется большое количество теплоты, поэтому разработчики считают, что его экономичнее создавать при ТЭЦ, сжигающей каменный уголь, и микрочастицы лигнина, полученные в результате ферментации, использовать в качестве твердого топлива с угольной пылью.

Недостатком метода является сложность процесса: обработка уксусной кислотой, разделение на фракции. Использование химических процессов требует повышенных мер безопасности. Получать биоэтанол предлагаемым методом удобно на целлюлозных или химических производствах.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является способ получения этанола из морских водорослей (патент RU 2421521, приор. 11.02.2009, опубл. 20.08.2010, 20.06.2011, С12Р 7/06 (2006.1)). Содержащиеся в составе морских водорослей полисахариды трудно извлекаемы, поэтому для их расщепления требуется использовать химический гидролиз и ферментацию. Сущность предлагаемого способа - использование пресноводных водорослей, которые выращиваются на загрязненной воде ТЭЦ и ТЭС. Полученная в результате биомасса водорослей разлагается ферментативным гидролизом, что делает процесс экономичнее и безопасней. В качестве тепловой энергии, необходимой в производственном процессе предлагается использовать сбросное тепло ТЭЦ и ТЭС. Предлагаемый способ позволит очищать техническую воду ТЭЦ и ТЭС и используя сбросное тепло получать биоэтанол. Благодаря использованию пресноводных и/или одноклеточных водорослей биоэтанол можно получить только ферментативным гидролизом, исключив химические процессы. Это позволяет расширить диапазон применения технологии по патенту RU 2421521 и является более энергосберегающим.

Недостатком получения биоэтанола из морских водорослей является применение химических процессов для расщепления полисахаридов, что влечет за собой дополнительные затраты энергии.

Цель заявляемого способа - получить биоэтанол с наименьшими затратами за счет ферментативного гидролиза, без использования химических реагентов. Это делает процесс более безопасным и экологичным. Кроме того, поддержание нужного температурного режима осуществляется за счет сбросного тепла, что также удешевляет процесс.

Разрабатываемая технология позволит связать диоксид углерода, снизить его выбросы в атмосферу, отказаться от химических процессов при производстве биоэтанола, устранить зависимость между ростом производства биоэтанола и выводом из оборота сельскохозяйственных земель, приведет к снижению себестоимости биоэтанола.

Наличие, в частности, на ТЭС огромного количества сбросной теплоты (до 60%), способствует повышению температуры прудов охладителей до 25-35°C. Исследования процессов фотосинтеза показывают, что с ростом температуры происходит резкий рост процесса фотосинтеза. За счет подогрева водоема сбросной энергией ТЭС возможно повышение скорости фотосинтеза и роста водорослей в 4-5 раз. В настоящее время это ведет к зарастанию прудов охладителей водорослями, ухудшению водозабора.

Предлагаемый способ получения биоэтанола из водорослей включает предварительное формирование биомассы, инициирование ее распада путем ферментативного гидролиза, введение в распадающуюся биомассу дрожжей для образования бродящего раствора и отделение получившегося этанола от бродящего раствора.

Заявляемый способ отличается тем, что в качестве водорослей используют одноклеточные и/или пресноводные растения, растущие в воде, предварительное формирование биомассы водорослей осуществляют на промышленной воде, например, ТЭЦ или ТЭС, ферментативный гидролиз проводят с помощью комплексов ферментов целлюлаз, или гемицеллюлаз, или пектиназ, или десульфатаз при температуре от 45 до 85°C за счет сбросного тепла, например, ТЭЦ или ТЭС, при этом контроль температурного режима осуществляют изменением объема сбросного тепла, например контролируют уровень этанола и отделение его начинают, когда уровень этанола в бродящем растворе составляет выше от 4 до 9% объема.

После отделения этанола для повышения процентного содержания спирта выше 50% его вторично перегоняют при температуре от 60 до 90°C, используя сбросное тепло. После отделения этанола бродя-

щую жидкость подвергают последующей переработке для получения дополнительного продукта – биоэтанола. При этом полученная после выращивания водорослей промышленная вода может быть использована как техническая в производственном цикле.

Таким образом, предлагается использовать пресноводные и/или простейшие водоросли, которые выращиваются, в частности, на загрязненной воде ТЭЦ или ТЭС. Полученная в результате биомасса водорослей разлагается ферментативным гидролизом, что делает процесс экономичнее и безопасней. В качестве тепловой энергии, необходимой в производственном процессе, предлагается использовать сбросное тепло ТЭЦ или ТЭС. Предлагаемый способ позволит очищать техническую воду ТЭЦ и ТЭС и, используя сбросное тепло, получать биоэтанол.

Предлагаемая технология позволит получить биоэтанол, вернуть в оборот техническую воду, использовать сбросное тепло, т.е. избыточные потери тепла от сжигания топлива, например, ТЭЦ или ТЭС или котельных. Это приведет к снижению себестоимости биоэтанола, устранив зависимость между ростом производства биоэтанола и выводом из оборота сельскохозяйственных земель, позволит отказаться от химических процессов при производстве биоэтанола.

Сущность изобретения поясняется чертежами, на которых изображено на фиг. 1 - установка для реализации способа получения биоэтанола из промышленной воды и сбросного тепла ТЭЦ и ТЭС, где

- блок 1 - блок формирования биомассы,
- блок 2 - блок ферментативного гидролиза,
- блок 3 - блок брожения,
- блок 4 - блок дополнительной перегонки.

В блоке 1 происходит очистка загрязненной воды с ТЭЦ с помощью биофильтров. В результате, цветность, соленость и прозрачность воды улучшаются, и очищенная вода возвращается в производственный цикл. Используемые в биофильтрах водоросли вместе с водорослями из прудов накопителей формируют биомассу. Полученная биомасса поступает в блок 2, где подвергается ферментации, температурный режим которой поддерживается за счет пара (или сбросного тепла ТЭЦ или ТЭС). В блоке 3 в результате процессов брожения образуются барда и биоэтанол (до 15%). Для получения более концентрированного раствора используется блок 4.

На фиг. 2 - сравнительная таблица получения биоэтанола из морской водоросли Ламинарии, пресноводного Щитовника и смеси пресноводных и одноклеточных водорослей, выращенных на промышленной воде ТЭЦ и ТЭС.

Способ может быть реализован следующим образом.

С ТЭЦ (ТЭС) в блок 1 установки поступает загрязненная вода. Проходя через системы биофильтров с водорослями, вода очищается, что выражается в снижении солености и повышении прозрачности. Температура, освещенность и соленость контролируются датчиками. После очистки воду отводят для повторного использования. Если качество очистки недостаточно, процесс повторяется.

В блоке 1 в процессе очистки технической воды ТЭЦ и ТЭС происходит формирование биомассы водорослей. В качестве водорослей используют одноклеточные и/или пресноводные растения, растущие в воде, прудов-охладителей, расположенных рядом с ТЭЦ или ТЭС. Из-за теплового загрязнения пруды-охладители, как правило, зарастают водорослями, поэтому получение из них биоэтанола - это один из способов очистить водоем. При отсутствии водорослей допустимо использование любых травянистых растений. Полученная после очистки биомасса водорослей, в свою очередь, поступает в блок 2 для ферментативного гидролиза с помощью ферментов целлюлаз, или гемицеллюлаз, или пектиназ, или десульфатаз при оптимальной температуре от 45 до 48°C. Снижение температуры приводит к уменьшению производительности, увеличение - к гибели фермента, т.е. температура обусловлена особенностью жизненного цикла ферментов. При этом контроль температурного режима осуществляют изменением объема сбросного тепла. Выбор фермента зависит от качества сырья и должен обеспечить максимальную скорость протекания процесса ферментативного гидролиза.

Блоки 2, 3 и 4 представляют собой двухконтурную емкость. Во внутренней емкости под действием ферментов при нагревании сбросным теплом ТЭЦ или ТЭС биомасса сначала разлагается, а затем при добавлении дрожжей сбраживается в течение 1-2 суток. Так как температурные режимы процессов ферментации и брожения различны, то регулирование температуры нагрева происходит за счет увеличения или уменьшения количества подаваемого тепла во внешний контур.

Полученный раствор проходит фильтрацию, его концентрация составляет от 4 до 9% и может использоваться для топливных элементов. Зависимость процентного содержания спирта в биоэтаноле явно зависит от вида сырья и температуры протекания процесса. Процент спирта может варьироваться в зависимости от способа очистки. При использовании центрифуги его концентрация составила 9%, при использовании вакуумного насоса - 7%. При простой фильтрации - 4%.

При необходимости получения концентрированного биоэтанола для повышения процентного содержания спирта выше 50% его вторично перегоняют при температуре от 60 до 90°C, используя сбросное тепло ТЭЦ или ТЭС.

На фиг. 2 представлена сравнительная таблица получения биоэтанола из морской водоросли Ламинарии, пресноводной Щитовника и смеси пресноводных и одноклеточных водорослей, выращенных на промышленной воде ТЭЦ или ТЭС. Из таблицы видно, что содержание спирта в биоэтаноле, полученном из морских и пресноводных водорослей, практически одинаково, при этом получение биоэтанола из морских водорослей трудоемко и продолжительно по времени. Для производства биоэтанола из смеси одноклеточных и пресноводных водорослей использовались процессы ферментации и брожения, а содержание спирта увеличилось в 2 раза.

Предлагаемая технология позволит получить биоэтанол на промышленных стоках и сбросном тепле, что приведет к снижению себестоимости биоэтанола, а использование пресноводных и/или одноклеточных водорослей позволит получить биоэтанол ферментативным гидролизом без химических процессов. Производство биоэтанола на ТЭЦ или ТЭС поможет устранить зависимость между ростом производства биоэтанола и выводом земель сельскохозяйственного назначения из оборота.

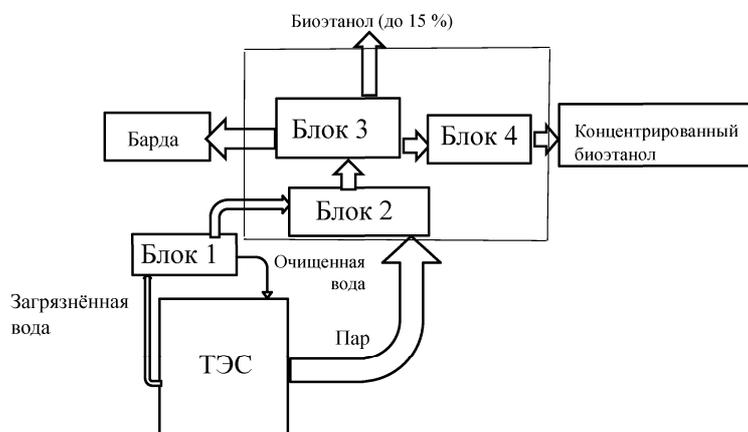
#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения биоэтанола из водорослей, включающий предварительное формирование биомассы, инициирование ее распада путем ферментативного гидролиза, введение в распадающуюся биомассу дрожжей для образования бродящего раствора и отделение получившегося этанола от бродящего раствора, отличающийся тем, что в качестве водорослей используют одноклеточные пресноводные водоросли и/или пресноводные растения, растущие в воде; предварительное формирование биомассы водорослей осуществляют на технической воде; ферментативный гидролиз проводят с помощью комплексов ферментов целлюлаз, или гемицеллюлаз, или пектиназ, или десульфатаз при температуре от 45 до 85°C за счет сбросного тепла; при этом контроль температурного режима осуществляют изменением объема сбросного тепла; контролируют уровень этанола и отделение его начинают, когда уровень этанола в бродящем растворе составляет от 4 до 9% объема.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что после отделения этанола его вторично перегоняют при температуре от 60 до 90°C, используя сбросное тепло.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что после отделения этанола бродящую жидкость подвергают последующей переработке для получения дополнительного продукта.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что полученную после выращивания водорослей техническую воду используют в производственном цикле.



Фиг. 1

№	НАЗВАНИЕ ВОДОРОСЛИ	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА	СОДЕРЖАНИЕ СПИРТА В РАСТВОРЕ
1	ЛАМИНАРИЯ (МОРСКАЯ)	СУТКИ В СЛАБОКИСЛОЙ СРЕДЕ, ПРОМЫВКА, РАСТИРКА, БРОЖЕНИЕ, ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ	7%
2	ЛАМИНАРИЯ (МОРСКАЯ)	СУТКИ В СЛАБОКИСЛОЙ СРЕДЕ, ПРОМЫВКА, РАСТИРКА, БРОЖЕНИЕ, ВАКУУМНЫЙ НАСОС	5%
3	ЩИТОЛИСТНИК ( ПРЭСНОВОДНАЯ)	ФЕРМЕНТАЦИЯ, БРОЖЕНИЕ	4%
4	ЩИТОЛИСТНИК ( ПРЭСНОВОДНАЯ)	ТЕРМИЧЕСКИЙ, БРОЖЕНИЕ	7%
5	СМЕСЬ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ И ПРЭСНОВОДНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ, ВЫРАЩЕННЫХ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДЕ ТЭЦИ ТЭС	ФЕРМЕНТАЦИЯ, БРОЖЕНИЕ	16%

Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2