

ки научно-технических и технологических решений по обработке воды, позволяющих уменьшить

количество продувочных вод и сократить потребление природной воды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания МУ 2.1.5.1183-03 "Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 11 января 2003 г.
2. Ушаков Г.В. Биологически очищенные сточные воды для подпитки систем оборотного водоснабжения. // Экология и промышленность России. 2007. Сентябрь. С. 20–22.
3. Ушаков Г.В., Солодов Г.А. Технологические и санитарно-гигиенические аспекты использования биологически очищенных сточных вод в системах технического водоснабжения промышленных предприятий. // Известия Томск. политехн. ун-та. 2007. №2. С. 140–144.
4. Временные рекомендации по оценке экологической опасности производственных объектов (утв. Госкомэкологии РФ 15 марта 2000 г.).

### Авторы

Басова	Ушаков	Елистратов	Ушаков
Галина Григорьевна -канд. мед. наук, доцент Кемеровской государственной медицинской академии. Тел. 913-304-9998	Андрей Геннадьевич - ассистент каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ e-mail ekosys@kuzbass.net	Александр Владимирович - соискатель каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ Тел. 3842- 36-32-85	Геннадий Викторович - канд. техн. наук, доцент каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ e-mail ekosys@kuzbass.net

**УДК 504.064.45**

**Е.С. Брюханова, А.Г. Ушаков, Г.В. Ушаков, А. В. Елистратов**

## **ВЫБОР УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИМЕНЕНИЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

На сегодняшний день, животноводство превращается в технически оснащенную и высокорентабельную отрасль сельского хозяйства. Одновременно с этим значительно возрастают объемы органосодержащих отходов, утилизация которых является важной проблемой. По результатам исследований Института энергетической стратегии РФ количество органических отходов агропромышленного комплекса России в 2005 г. составило: птицеводство – 5,8 млн. т; животноводство – 58,3 млн. [1]. Такая ситуация актуальна для многих районов России, в особенности для территории Сибири и в частности Кемеровской области. Это связано с наличием большого числа крупных животноводческих предприятий, занимающихся как скотоводством, так и птицеводством. Кроме того, на территории Кемеровской области функционирует большое количество частных подворных хозяйств, деятельность которых связана с выращиванием скота и птицы. Также существует большое количество фермерских хозяйств, содержащих скот и птиц, однако животноводство не является для них главным направлением деятельности. Все вышеперечисленные как крупные, так и мелкие хозяйства сталкиваются с проблемой утилизации органосодержащих отходов.

На сегодняшний день в Кемеровской области

нет общепринятого способа утилизации таких отходов. В большинстве своем отходы выбрасываются на близлежащие территории или вывозятся на поля. Однако в соответствии со статьей 47 закона №7-РФ объекты сельскохозяйственного назначения должны иметь необходимые санитарно-защитные (СЗЗ) зоны и очистные сооружения, исключающие загрязнение почв, поверхностных, подземных вод, водохранилищ, площадей, атмосферного воздуха [2, 3].

Авторами статьи предложена перспективная технология переработки и утилизации навоза крупного рогатого скота и свиней, птичьего помета путем их анаэробного сбраживания [4]. Данная технология проработана в лабораторных условиях [5] и показано, что от реализации данной технологии возможно получение биоудобрения, биогаза и других экологически чистых продуктов [6]. Доказана рентабельность данной технологии [7].

Процесс анаэробного сбраживания органосодержащих отходов осуществляется в биогазовых установках, различающиеся конструкцией биореактора, типом газгольдера, видом запорной арматуры, наличием или отсутствием системы подогрева и перемешивания, а также отличающиеся методом загрузки сырья и т. п. Главным аппаратом для проведения этого процесса является био-

реактор. Именно от его конструкции во многом зависит время протекания процесса, его эффективность, условия труда обслуживающего персонала, капитальные затраты, часто и конструкция, расположение, специфика остальных аппаратов для обработки сброшенного осадка и газа [8, 9].

Целью данной работы является анализ основных видов и конструкций биогазовых установок, принципов их функционирования, а также подбор на основании проведенного анализа наиболее подходящего типа установки для условий Кемеровской области.

Особенности функционирования биогазовых установок в Западной Сибири связаны с резко континентальным климатом, когда температура воздуха может опускаться до  $-40\ldots-50^{\circ}\text{C}$ . Наличие низких температур длительное время года, а также возможность их частых перепадов очень существенно оказывается на процессе анаэробного сбраживания, поскольку он должен проводиться при соблюдении строго фиксированного температурного интервала:  $35\ldots37^{\circ}\text{C}$ , или  $57^{\circ}\text{C}$ . Важно сделать и максимально удобными условия труда для рабочих и по возможности свести к минимуму необходимость в большом количестве операций по загрузке сырья и выгрузке продуктов переработки. Низкая температура воздуха приводит к необходимости потребления дополнительного количества топлива для обогрева биореактора, что оказывается на финансовых затратах, а следовательно и на рентабельности проекта. Во многом поэтому говорят о невыгодности или вообще, о невозможности внедрения биогазовых территорий в Сибирских условиях. Однако авторы данной статьи не согласны с этим утверждением и считают что в таких условиях самым важным этапом, определяющим успешность всего проекта, является выбор типа и конструкции биореактора, благодаря чему можно значительно снизить воздействие низких температур на процесс сбраживания.

В зависимости от расположения биореактора относительно поверхности земли, можно выделить подземные и надземные установки.

Среди конструкций подземных биореакторов выделяют три основных вида биогазовых установок [8, 10]:

- баллонная установка. Имеет пластиковый корпус, где в нижней части находится сбраживаемый отход, а в верхней – скапливается образующийся в процессе сбраживания биогаз. Давление газа достигается за счет эластичности баллона (пластикового купола) и при размещении определенного веса сверху купола. Загрузочные и загрузочные каналы находятся непосредственно в пластмассовом кожухе биореактора (рис. 1, а) [2].

Материалом для данной установки являются УФ-стойкий и стабилизированный синтетический каучук. Баллонные установки могут выполняться как в горизонтальном, так и в вертикальном исполнении.

Преимущества данного вида установки – низкая конструкционная стоимость, стойкость к высоким температурам, легко обслуживается, очищается и опорожняется. Персоналу для строительства подобной установки не требуется специального образования.

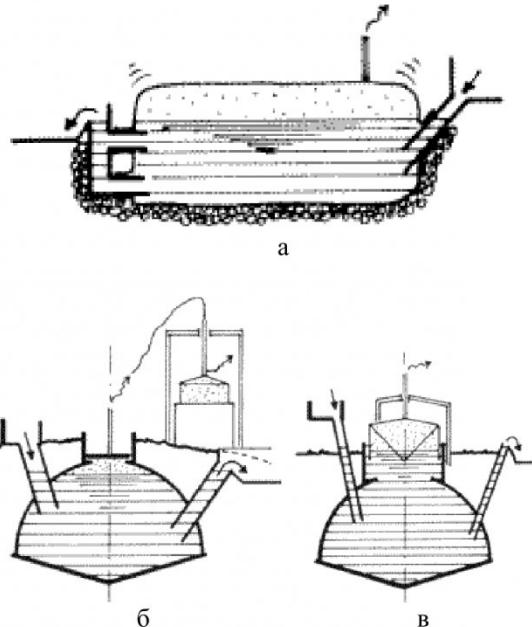


Рис.1. Конструкции подземных биореакторов:  
а – баллонная установка; б – установка с фиксированным куполом, оснащенная газгольдером; в – установка с плавающим куполом (купол установлен в сбраживаемой биомассе)

Недостатки – может иметь относительно короткий срок службы (обычно не превышает 2-5 лет) из-за прорывов, трещин, т. е. из-за высокой восприимчивости к механическим повреждениям. Из-за отсутствия возможности интеллектуального и новаторского вмешательства в конструкцию и функционирование аппаратов, потенциал самосовершенствования баллонной установки весьма ограничен.

Установки баллонного типа можно размещать на территориях, где отсутствует вероятность повреждения кожуха.

- установка с фиксированным куполом.

Состоит из реактора, где непосредственно происходит сбраживание, и фиксированного, неподвижного газгольдера, который располагается сверху реактора.

В процессе сбраживания образуется биогаз, который вытесняет жидкий биошлам в компенсационный резервуар. Газовое давление под сводом купола увеличивается с увеличением массы собранного газа, а также с увеличением разницы между уровнем сырья в реакторе и его уровнем в компенсационном резервуаре.

Основным материалом для строительства подобных установок являются: каменная кладка, цемент и железобетон. При эксплуатации в районах с холодным климатом, установку рекомендую-

ется изолировать теплоизоляционными материалами.

Преимущества – относительно низкие стоимости конструирования. Отсутствие перемещающихся деталей и ржавеющих стальных частей, что определяет их долговечность (20 и более лет) при правильном строительстве. Подземное строительство может сэкономить место и защитить реактор от осадков и температурных изменений окружающей среды. Применение таких установок обеспечивает возможность привлечения квалифицированных рабочих, изменения и модернизации конструкции аппарата.

Недостатки – часто возникают проблемы с газонепроницаемостью кладки, поэтому строительство должно контролироваться опытными специалистами. Стенки реактора необходимо окрашивать водо- (нижняя часть) и газонепроницаемыми (верхняя часть) красками (латексные или синтетические краски). В подобных установках возможен разрыв кладки между верхней и нижней частями реактора из-за гидростатического давления поднимающихся вверх газов. Чтобы избежать этого необходимо строительство «гибкого кольца» в разрывоопасных частях установки. Затруднения вызывает и непостоянство газового давления, которое существенно зависит от объема собранного газа. Данная проблема решается установкой регулятора давления – газгольдер и т. п. (см. рис. 1, б) [11].

- установка с плавающим куполом.

Состоит из подземного реактора и перемещающегося газгольдера (см. рис. 1, в) [11, 12, 13]. Газгольдер может устанавливаться непосредственно на жидкой биомассе или в собственном водном бассейне. Газ, собранный в верхней части установки, поднимает вверх или опускает вниз купол (при увеличении или уменьшении количества газа). Купол удерживается в вертикальном состоянии благодаря специальной рамочной системе. Нижняя часть биореактора в основном изготавливается из кирпичей, цемента или камня; верхняя часть – из стали, окрашенной масляной или синтетической краской. Биореактор будет лучше сохранять тепло, если купол будет окрашен в черный или красный цвета, так как лучше воспринимает солнечное излучение.

Преимущества установки – установка довольно герметична, проста в строительстве и эксплуатации: объем образовавшегося газа можно увидеть непосредственно по высоте купола. Его весом определяется неизменное давление газа. Купол, оснащенный сварными уголками, при вращении способен разбивать поверхность корку.

Недостатки – высокие материальные затраты стальной конструкции, при замене стального купола на воздушный шар можно уменьшить стоимость установки, однако возможность повреждения купола и утечки газов. Стальных части восприимчивы к коррозии, потому срок службы та-

ких установок меньше чем установок с фиксированным куполом (до 15 лет; в тропических и прибрежных областях до 5 лет).

Наибольшее распространение получили конструкции биореакторов надземного исполнения, в частности схожие с конструкцией подземных биореакторов с неподвижным колоколом [14, 15, 16, 17, 18]. Они имеют преимущества и недостатки. Отличаются легкостью в обслуживании, ремонте, обеспечивают свободный доступ персонала к установке, меньше трудностей при выгрузке продуктов. К недостаткам относится большая чувствительность к перепадам температур, необходимость в обработке поверхности (покраска, удаление ржавчины и т. д.), для строительства биореакторов больших объемов необходима достаточная территория.

Надземные установки классифицируются по конструкции (вертикальные, горизонтальные, нестандартные) и форме биореактора: цилиндрические биогазовые установки располагаются горизонтально (если установка непрерывно работающего типа), и вертикально (при циклически работающей установке). Эллипсоидные биогазовые установки имеют форму, близкую к яйцеобразной. С точки зрения процесса биометаногенеза такая форма биореактора наиболее оптимальна – в ней происходят процессы естественного перемешивания, а также отвода шлама и стока осадков. Строятся биогазовые установки подобной формы из бетона или возводятся из кирпича [8]. Кроме того, существуют биореакторы нестандартной конструкции. В частности двухкамерный биореактор U-образной формы [2], биогазовые установки с реактором, разделенным на сообщающиеся между собой секции [19, 20] и другие.

По нашему мнению, подземное расположение биореактора применительно к частным фермерским подворьям для условий Сибири является наиболее приемлемым и довольно перспективным направлением. Для этого подходят установки с фиксированным куполом, оснащенные газгольдером. При строительстве их под землей, усредняются температурные перепады и снижается негативное влияние отрицательных температур, а следовательно и финансовые затраты на энергоносители для поддержания теплового режима процесса, нет необходимости в закупке дорогостоящих теплоизоляционных материалов, выдерживающих низкие температуры. Строительство установок осуществимо в условиях нехватки территории, возможно использование непригодных для иных целей герметичных емкостей, имеющиеся в наличии, что снизит капитальные затраты.

Для крупных животноводческих предприятий возможно строительство как подземных, так и надземных установок. Выбор той или иной конструкции установки диктуется наличием соответствующих экономических и материальных ресурсов, конкретными условиями эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панцхава Е.С., Шипилов М.М., Пауков А. П., Ковалев Н.Д., Биогаз – высокорентабельное топливо для всех регионов России // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». - №4. – апрель 2008.
2. Федеральный закон РФ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
4. Ушаков Г.В., Ушаков А.Г., Брюханова Е.С. Биотехнологические процессы в комплексной переработке отходов животноводства и птицеводства // Доклады XI международной научно-практической конференции «Химия XXI век: новые технологии, новые продукты». – г. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2008 – С. 73-74.
5. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Биогазовые технологии – решение проблемы качественной утилизации органических отходов // Труды X Всероссийского студенческого научно-технического семинара «Энергетика: экология, надежность, безопасность. – Томск: ТПУ, 2008. – С. 255-259.
6. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Получение биогаза из органосодержащих отходов птицеводства в лабораторном биореакторе // Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск: Томский политехнический университет, 2008. - С. 340-342.
7. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Биотехнология утилизации органосодержащих отходов птицеводства и животноводства // Материалы XIII международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий». – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2008. – С. 126-127.
8. В. Баадер, Е.Доне, М. Бренндерфер. Биогаз: теория и практика (Пер. с нем.).- М.: Колос, 1982. – 148 с.
9. Веденев А.Г., Веденева Т.А. ОФ «Флюид». Биогазовые технологии в Кыргызской Республике. — Б. Типография «Евро», 2006. — 90с.
10. Веденев А.Г., Маслов А.Н. Строительство биогазовых установок. Краткое руководство. – Б.: «Европ», 2006. – 28 с.
11. Werner Kossmann, Uta Ponitz. Biogas Digest// V. 1. – 2004. – 51 р.
12. А. с. RU 2226047 МКИ A01C3/02, 2003. Реактор для анаэробного сбраживания жидких органических отходов, А.Г. Пузанков [и др.] – Опубл. в 2004.
13. А. с. 2004952 МКИ RU C1 5 A01C3/00, 1992. Биогазовая установка анаэробного сбраживания фекальных масс / Промышленно-внедренческая коммерческая фирма «ПРОНКОМ», Л.Г. Голубев [и др.] – Опубл. в Б.И., 1993. - №. 47-48.
14. А. с. 112233 СССР, МКИ A1 6 A01C3/02, 1958. Резервуар-бродильник для сбраживания навозной массы и получения биогаза, И.Б. Крепис, 1957.
15. А. с. 552308 СССР, МКИ A1 6 C02F11/04, C02F103:00, 1975. Метантенк / Всесоюзный научно-исследовательский институт по охране вод, М.И. Невзоров [и др.] – Опубл. в Б.И., 1977. - №. 12.
16. А. с. 791652 СССР, МКИ A1 7 C02F11/04, C02F103:00, C02F103:20, C02F103:22, 1978. Метантенк / Киевский технологический институт пищевой промышленности, С.Г. Кучеренко – Опубл. в Б.И. № 48.
17. А. с. 1684264 СССР, МКИ A1 7 C02F11/04, C02F103:20, 1991. Устройство для сбраживания биомассы / Московский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт «МосводоканалНИИпроект», Л.И.Монгайт [и др.] – Опубл. в Б.И., 1991. - №.38.
18. А. с. RU 2162626 МКИ C1 A01C3/00, C02F11/04, 1999. Способ последовательного пофазного анаэробного сбраживания разжиженных органических отходов и устройство для его осуществления, Т.Я. Андрюхин – Опубл. в 2001.
19. А. с. 165017 СССР, МКИ A1 C02F11/04. Устройство для производства биогаза из навозной жижи / Научно-производственное объединение «Солнце» АН ТССР, К. Келов [и др.] – Опубл. в Б.И., 1991. - № 19.
20. А. с. 2065408, МКИ C02F3/28, 1996. Биогазовая установка / Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения РАН, А.К. Ильин [и др.] – Опубл. 1996.

□Авторы статьи:

<p><b>Брюханова</b> Елена Сергеевна – соискатель каф. химической технологии твердого топлива и экологии. КузГТУ. Тел. 89236161636, <a href="mailto:ekosys@kuzbass.net">ekosys@kuzbass.net</a></p>	<p><b>Ушаков</b> Андрей Геннадьевич – аспирант каф. химической технологии твердого топлива и экологии. Тел. 3842-36-32-85, <a href="mailto:ekosys@kuzbass.net">ekosys@kuzbass.net</a></p>	<p><b>Ушаков</b> Геннадий Викторович – канд. техн. наук, доц. каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ. Тел. 3842-36-32-85, <a href="mailto:ekosys@kuzbass.net">ekosys@kuzbass.net</a></p>	<p><b>Елистратов</b> Александр Владимирович – соискатель каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ Тел. 3842- 36-32-85</p>
---	---	---	--