

---

AEROENERGOPROM

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ПИРОЛИЗНОЙ И БИОГАЗОВОЙ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НАВОЗА  
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

---

The logo for AEROENERGOPROM, featuring the letters 'AERO' in a bold, blue, sans-serif font. The letter 'A' is slightly larger and has a small teal square above its top bar. The letters 'E' and 'R' are also in blue. The logo is set against a solid yellow background.

AERO

АЭРОЭНЕРГОПРОМ

---

АВТОР  
**ВИТАЛИЙ  
ШАБЛОВ**

Генеральный конструктор, директор

---



Доктор наук в области экологической безопасности.

Занимается разработкой технологий и оборудования по термической переработке мусора и отходов производства.

- 25 лет на рынке
- 52 реализованных проекта
- Более 30 перспективных проектов

Директор-главный конструктор  
ООО «Завод АЭРОЭНЕРГОПРОМ»



---

Поголовье крупного рогатого скота на земле насчитывает около 1,5 млрд. голов. Ежегодно эти жвачные животные поставляют в атмосферу огромное количество метана — около 10% всей антропогенной эмиссии, связанной со сжиганием ископаемых топлив. По своей парниковой способности метан в 28 раз превосходит углекислый газ и находится в атмосфере около 10 лет.

В сутки взрослая корова выделяет от 30 до 50 кг навоза. За одни сутки на планете образуется в среднем 60 млн. тонн навоза. Это около 1 000 000 железнодорожных вагонов. Каждый год полутора миллиардное поголовье крупного рогатого скота производит в среднем 21 млрд. 600 млн. тонн навоза.

Для осознания проблемы сравним объем образующегося навоза с объемом мировой добычи угля. Десять крупнейших стран-лидеров по добыче угля в 2019 г. добыли 7 млрд. 212 млн. тонн угля, то есть угля добывается в 3 раза меньше, чем образуется навоза.

Навоз применяют как удобрение для повышения плодородности почв и в качестве основного компонента субстрата биогазовых комплексов, работающих на коровьем навозе.

В малоразвитых странах навоз крупного рогатого скота используют как строительный материал и как твердое печное топливо.

К сожалению, объем перерабатываемого навоза столь ничтожен, что эта проблема занимает одно из первых мест в списке вопросов, тормозящих развитие животноводства, и негативно влияет на экологическую обстановку в мире.



*Есть ли в мире технологии, способные энергоэффективно, прибыльно и экологически чисто переработать такое огромное количество образующегося навоза?*

Могу ошибаться, но предполагаю, что до сегодняшнего момента их не существовало.

На сегодняшний день одним из основных направлений переработки коровьего навоза являются биогазовые установки, предназначенные для утилизации отходов животноводства и пищевой промышленности.

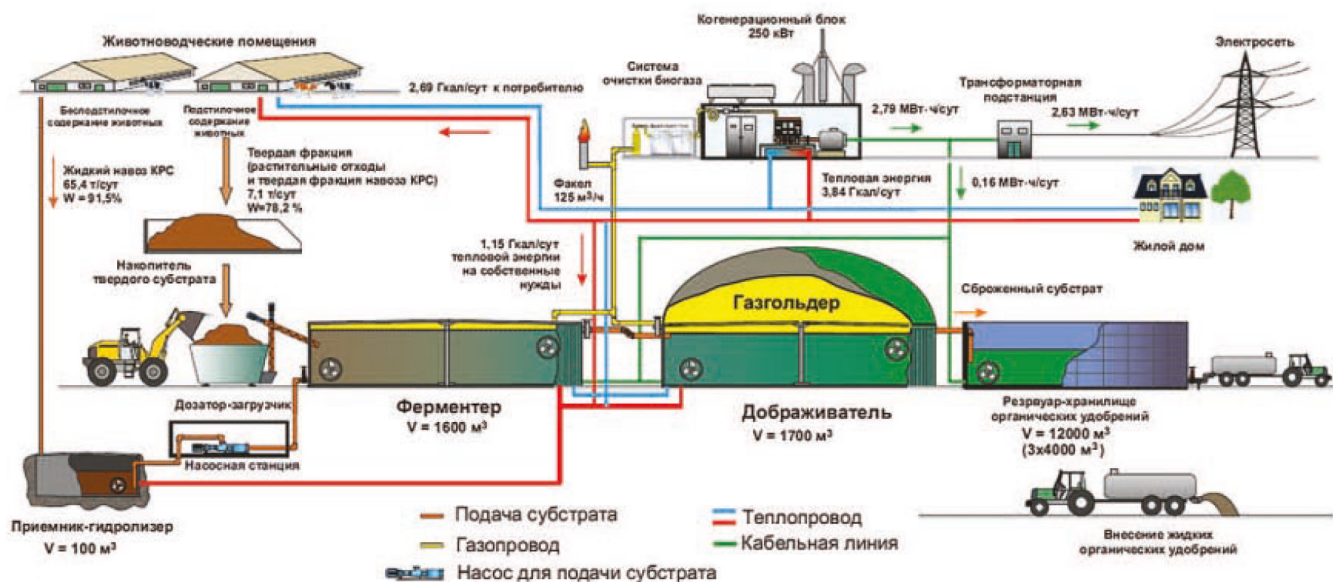


Рис.1. Структурно-технологическая схема биогазового комплекса.

На газопоршневых электростанциях происходит сжигание газа в двигателях, где и вырабатывается электроэнергия, и снимается тепло с двигателей. Выработанная электроэнергия подается в сеть через отдельный счетчик учета и оплачивается государством по отдельному высокому тарифу. В основном на этом и зарабатывают биогазовые комплексы. Все узлы и агрегаты комплекса потребляют электрическую энергию из государственных сетей по стандартному тарифу. Работа биогазового комплекса без дотаций государства убыточна.

Вторым возможным источником дохода биогазовых комплексов может являться продажа соседним хозяйствам полученного жидкого удобрения. Но здесь есть проблема, которая заключается в том, что 40% субстрата до конца не перерабатываются бактериями. А температурный режим при мезофильном процессе (+37...+ 40 °С) не способствует уничтожению основных болезнетворных бактерий. Данное обстоятельство препятствует сертификации в государственных органах отработанного субстрата в качестве удобрения. Процесс сертификации занимает около 3-х лет.

Рассмотрим состав полученного биогаза. Условно его можно разделить на две части: энергетическую и балластную.

Энергетическую часть составляет метан  $\text{CH}_4$  — его образуется около 60%. Балластную часть биогаза составляют несколько газов:

- Основной — до 38 % — двуокись углерода  $\text{CO}_2$ . Он не горючий;
- Сероводород  $\text{H}_2\text{S}$  хотя и горюч, но его желательно удалять из состава газа, так как он оказывает сильное негативное воздействие на газопоршневые станции и окружающую среду;
- Аммиак  $\text{NH}_3$  — тоже горючий газ. Но он имеет достаточно высокую температуру воспламенения и негативно влияет на медные элементы двигателей. Процент данного газа крайне незначителен.



Рис.2. Соотношение горючих и балластных газов биогазового комплекса.

Газ, полученный на биогазовых комплексах, обладает достаточно низкой теплотворной способностью: около 22,0 МДж/м<sup>3</sup>, поэтому на выработку 1 кВт электрической энергии его уходит значительно больше, чем природного газа. А именно, 0,36-0,38 м<sup>3</sup> газа на 1 кВт/ч электрической энергии.

Особо хочу отметить, что удельные капитальные затраты на 1 кВт установленной мощности составляют от 3000 до 5000 евро без учета монтажа и пусконаладочных работ. Срок окупаемости биогазовых комплексов колеблется от 5 до 13 лет.

Итак, для чего же внедряются малоэффективные и дорогостоящие биогазовые комплексы?

*Вывод один: хотя бы как-то уменьшить негативное воздействие образующегося навоза на окружающую среду. Иначе сельхозугодия, реки и озера погибнут, воздух наполнится зловонными испарениями, и человеческая цивилизация утонет в стоках.*

Как же решить эту проблему энергоэффективно, экологически чисто и прибыльно? Как сделать так, чтобы навоз из проблемы превратился в постоянно возобновляемый источник энергии и дохода для человечества?

Предлагаем вам ознакомиться с новым техническим решением данной проблемы, разработанным нашей научно-исследовательской инжиниринговой группой.

Как ни банально, но это — высокотемпературный пиролиз специально подготовленного свежего навоза с высокой степенью влажности. В отличие от классических технологий, наша технология не предполагает сушку навоза — это потери большого количества газа, растворенного в навозной жиже.

В качестве примера рассмотрим пиролизный комплекс контейнерного типа для переработки навоза производительностью 30 т в сутки.

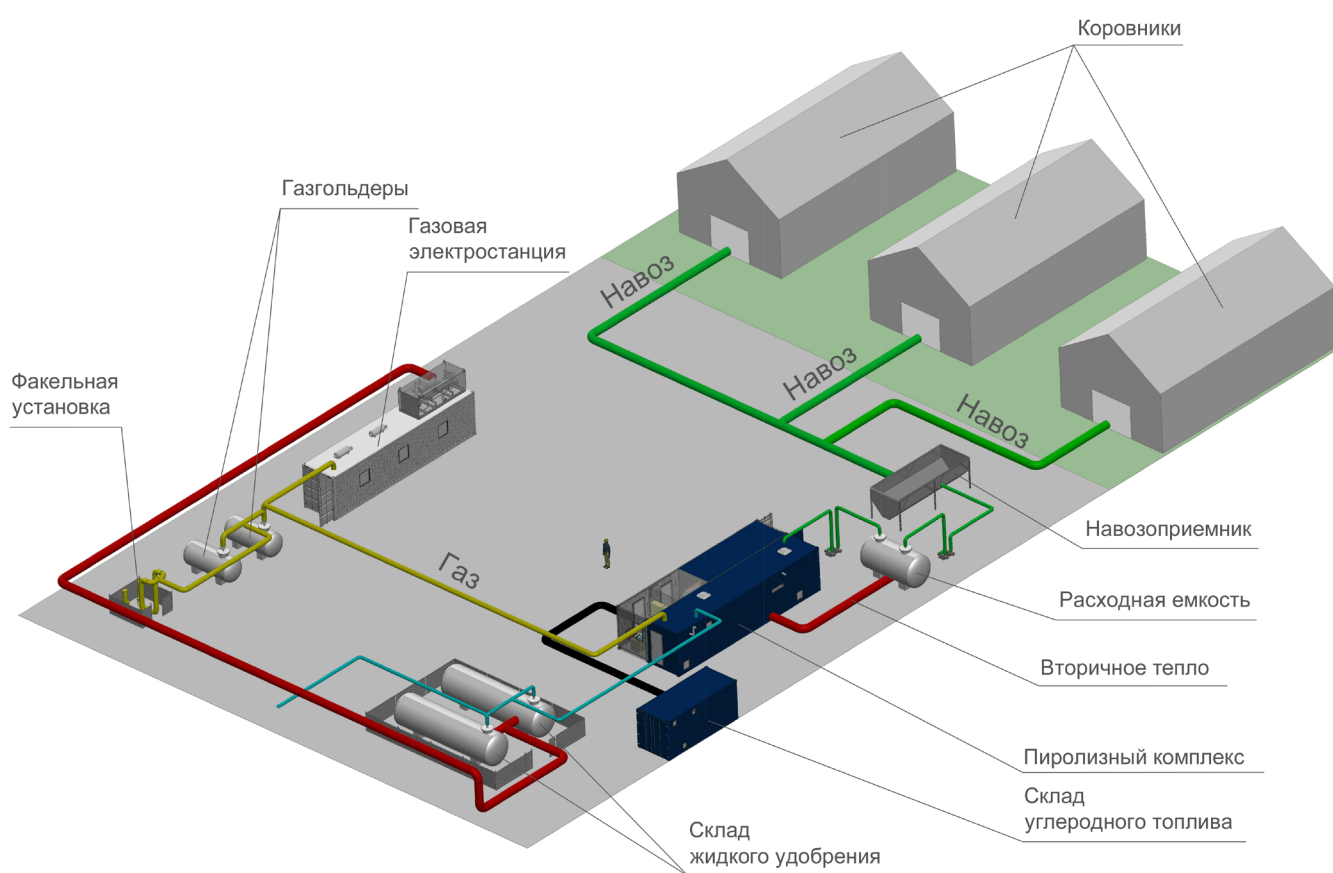


Рис.3. Схема пиролизного комплекса.

Навоз из коровников поступает в блок сепарации, где происходит отделение излишков воды. Затем частично обезвоженный навоз подается в навозоприемник для накопления. Оттуда он поступает в промежуточную расходную емкость с системой подогрева и перемешивания. Далее подготовленный навоз подается в пиролизный реактор непрерывного типа работы. В реакторе при температуре до 1000°C происходит разложение навоза на 3 основных составляющих: газ, пиролитическую воду и углеродный остаток.

По разработанной нами технологии пиролизный газ подвергается 100% очистке и поступает в газгольдеры, а оттуда — на газопоршневую электростанцию. При технологической необходимости газ экологически чисто сжигается на факельной установке. Как и биогаз, пиролизный газ условно можно разделить на две части: энергетическую и балластную.

Энергетическую часть составляет смесь метана и других высококалорийных углеводородных газов, доля которых в общем объеме превышает 87%. Балластная часть крайне мала — 10-12%.

Газ, полученный в процессе пиролиза навоза, обладает высокой теплотворной способностью: 43,14 МДж/м<sup>3</sup> (что сопоставимо с теплотворной способностью природного газа).

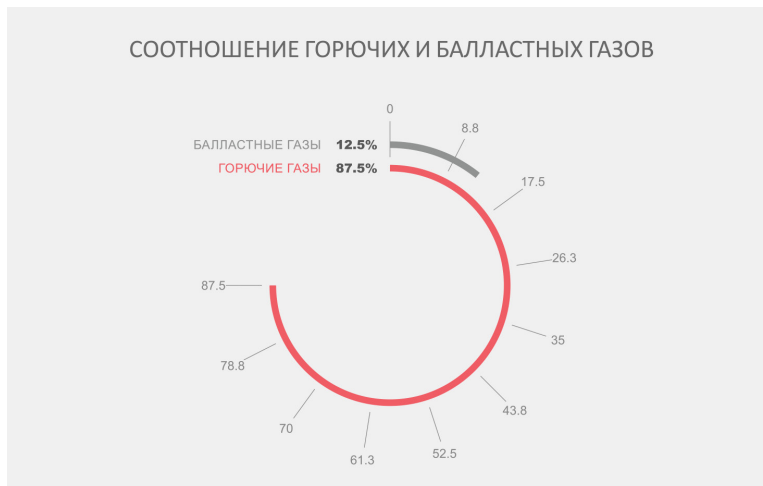


Рис.4. Соотношение горючих и балластных газов пиролизного комплекса.

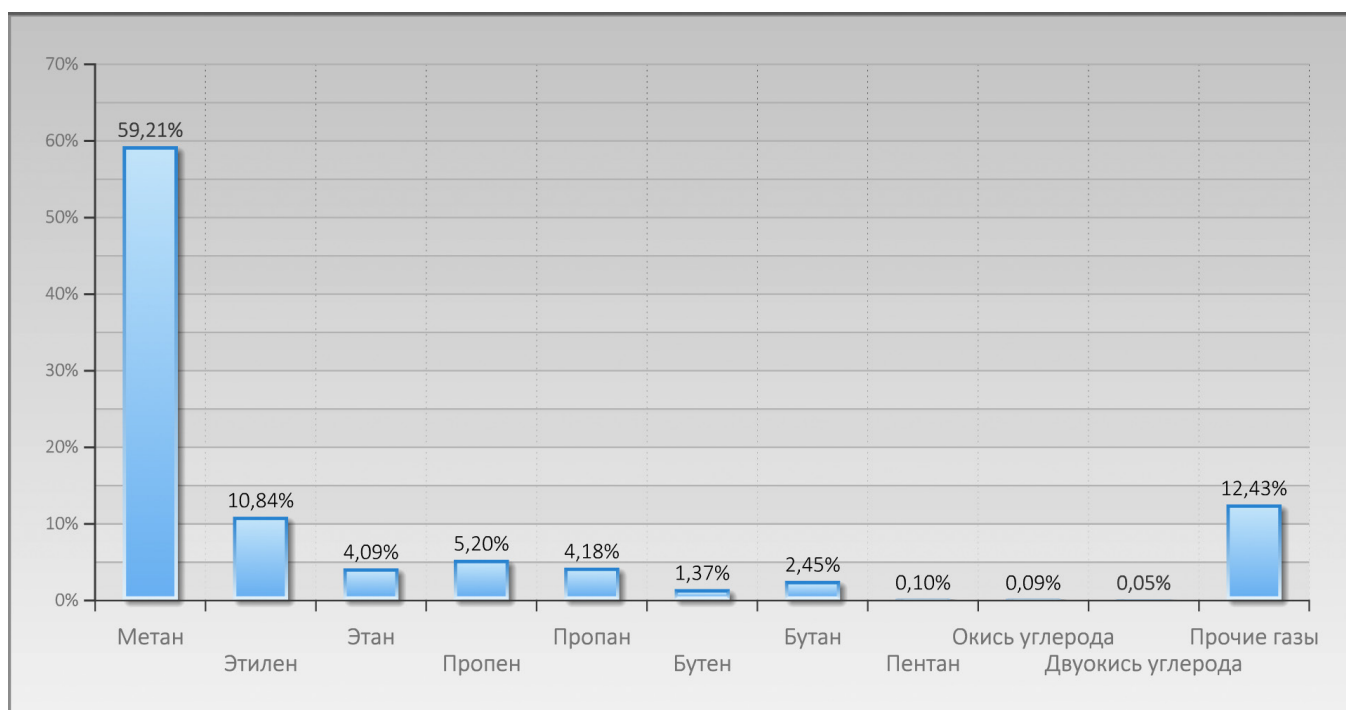


Рис.5. Состав пиролизного газа.



Жидкий продукт пиролиза навоза — это вода, содержащая растворенные в ней органические и неорганические вещества. Она поступает на склад накопления жидких удобрений, а затем потребителю. Химический анализ воды показал наличие в ней азотсодержащих соединений, минералов, неорганических солей.

№	Показатели	Фактическое значение
1	Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	1,0
2	Водородный показатель рН	4,8
3	Взвешенные частицы, мг/дм <sup>3</sup>	700
4	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	221,7
5	Хлорид-ион, мг/дм <sup>3</sup>	386,0
6	Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	9,1
7	Минерализация, г/л содержание неорганических солей – бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия	6,2
8	Фосфор общий, мг/дм <sup>3</sup>	<0,025
9	Химическое потребление кислорода (ХПК), мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	35680

Таким образом, полученные результаты позволяют нам сделать вывод, что пиролитическая вода может являться товарным продуктом — жидким концентратом комплексного удобрения, предназначенным для внесения в различные виды почв с целью минерального питания сельскохозяйственных культур в растениеводстве. Следует отметить, что полученный продукт по своему составу аналогичен жидкой фракции навоза. Отличительной особенностью полученного продукта является отсутствие патогенной микрофлоры, гибнущей в процессе высокотемпературного пиролиза, при сохранении важнейших питательных элементов (азот, калий, фосфор и т.д.). В то время как жидкая фракция навоза согласно санитарным правилам, должна пройти процедуру обезвреживания, которая также предусматривает длительную по времени технологию компостирования (порядка 12 месяцев). В этом случае предприятия должны вносить плату за негативное воздействие на окружающую среду.

Как показали результаты исследований, углеродный остаток, полученный после переработки навоза, содержит 64,81 % углерода, обладает высокой теплотворной способностью сопоставимой с теплотворной способностью бурого угля и дров и может быть использован в качестве топливного элемента в твердотопливных котлах с целью



получения тепла или для газификации с целью получения генераторных газов, основными компонентами которого являются водород и угарный газ. Твердый остаток содержит в своем составе также и ряд полезных элементов (железо, фосфор, калий, титан, магний, марганец, кальций, кремний, натрий), что позволяет его использовать в качестве микроудобрения (аналогичному древесной золе) с целью повышения продуктивности почв и минерального питания сельскохозяйственных культур.

Образующийся в процессе работы комплекса излишек тепла используется для технологических и бытовых нужд исходя из потребностей заказчика.

Комплекс оборудования пиролизной переработки навоза может изготавливаться в двух вариантах: стационарном и мобильном (с высокой степенью готовности и быстрым наращиванием производительности). Для установки требуется только ровная площадка с твердым покрытием.

Удельные капитальные вложения на 1 кВт установленной мощности составляют 1200-1900 евро, включая монтаж и пусконаладочные работы. Срок окупаемости комплекса до 3 лет.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА

Из расчета на 1 тонну перерабатываемого свежего навоза

Технология пиролизной переработки свежего навоза КРС (Пульсар)	Переработка свежего навоза КРС на биогазовых комплексах (мезофильный процесс)
Цикл переработки	
1 час	10 дней (среднее значение)
Выработка газа, м <sup>3</sup>	
80,83	40-50
Расход газа на поддержание техпроцесса, %	
15-20	до 20
Степень разложения биомассы, %	
100	40
Время получения газа после первого пуска оборудования	
2 ч	30-50 суток
Выход газа на 1 кг сухого вещества, м <sup>3</sup>	
0,28	0,25-0,34

Теплота сгорания выработанного газа, МДж/м <sup>3</sup>	
43,2	22,0
Расход газа на выработку 1 кВт/ч электроэнергии, м <sup>3</sup>	
0,3	0,36–0,38
Биологическая опасность твердых остатков производства	
100% обезвреживание углеродного остатка от патогенной флоры и гельминтов	Осадки не обезвреженные, содержат большое количество гельминтов.
Требования к кислотности и наличию питательных веществ в субстрате	
Нет требований	Требуется следить за оптимальной кислотностью и достаточным количеством питательных веществ и микроэлементов
Требования к перерабатываемому сырью	
Нет требований	Тщательный подбор субстратов для обеспечения выхода биогазов
Требования к температурному режиму	
Широкий температурный диапазон, более + 600 °С	Узкий температурный диапазон, + 10 °С
Попутное производство питьевой воды из атмосферного воздуха, т/сут	
До 35 т	Невозможно
Проектные работы и кап.строительство	
Не требуется (мобильное исполнение)	Требуется (капитальные строения)
Удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности, евро	
1200–1900 (включая монтаж и пусконаладочные работы)	3000–5000 (без монтажа и пусконаладочных работ)

На основании проведенных практических опытно-конструкторских, научно-исследовательских работ можно сделать вывод, что наша технология по всем показателям превосходит биогазовую технологию:

- Процесс пиролиза занимает непродолжительное время и не требует значительных энергетических затрат;

- 
- Производственный комплекс не нуждается в капитальном строении и не требует проектирования;
  - Комплекс работает на полном самообеспечении. Избыток тепла и электрической энергии поступает потребителю;
  - В процессе работы пиролизного комплекса нет загрязнения воздуха дымовыми газами. Дымовой трубы нет в конструкции оборудования, так как нагрев реактора осуществляется за счет выработанной электроэнергии из полученного высококалорийного пиролизного газа;
  - При переработке навоза по нашей технологии отсутствуют отходы — образуются только полезные продукты: газ, твердое топливо, концентрат жидкого минерального удобрения, тепловая и электрическая энергия, питьевая вода, сконденсированная из атмосферного воздуха;
  - Происходит 100% обезвреживание от патогенной микрофлоры твердого остатка и концентрата жидкого удобрения;
  - Время монтажа оборудования и пусконаладочных работ до 7 дней.

В связи с тем, что навоз является постоянным возобновляемым источником сырья, мы также проводим исследования других типов навоза (свиной, конский, овечий, куриный).

Особо хотелось бы отметить, что наша научно-исследовательская инжиниринговая группа занимается разработкой технологии получения **зеленого\*** водорода, углерода и наноуглерода из продуктов пиролиза навоза.

*\* Водород, произведенный по данной технологии подпадает под раздел «Возобновляемый водород» согласно Стратегии по развитию производства чистого водорода **Clean Hydrogen Alliance**.*



**AEROENERGOPROM**

**Phone**

+375 29 6789001

**Fax**

+375 17 3996963

**Email**

[aeprom@mail.ru](mailto:aeprom@mail.ru)

**Website**

[www.aeprom.com](http://www.aeprom.com)