

**Круглый стол**  
Оценка потенциала биомассы в Кыргызской Республике  
г. Бишкек, 17 июля 2024 г.

**Энергия биомассы в Кыргызской Республике:  
методология оценки потенциала**

Татьяна Веденева,  
Эксперт по энергии биомассы, SECCA

# Поколения биотоплив

**Биотопливо** - это топливо, получаемое из органических материалов, таких как растительность, древесина, отходы сельского хозяйства и животноводства, а также микроорганизмы. Существуют различные виды биотоплива, включая первое поколение, второе поколение и третье поколение биотоплива

- **Первое поколение** биотоплива производится из **продуктов, которые используются в пищевой промышленности**, таких как **кукуруза, подсолнечник, соя** и т.д. Производство первого поколения биотоплива имеет некоторые недостатки, такие как конкуренция с использованием земли под продовольствие, увеличение цен на продукты питания и негативное воздействие на окружающую среду.
- **Второе поколение биотоплива** производится из **несъедобных растительных отходов**, таких как **пеньки, опилки, солома** и т.д. Этот вид биотоплива является более экологически чистым, поскольку не конкурирует с использованием земли под продовольствие.
- **Третье поколение биотоплива** производится из **микроорганизмов**, таких как **водоросли и бактерии**. Этот вид биотоплива имеет большой потенциал и может стать будущим источником энергии.

# Термохимическая конверсия

технологии, которые используют тепло для преобразования органических материалов тепло, газ или жидкое топливо

## Сжигание

Преобразование химической энергии биомассы в тепло, пар, механическую энергию или электричество. Используется для биомассы, содержащей менее 50% влаги.



## Газификация

Термохимические реакции при высоких температурах (500 – 1400°C) в условиях дефицита кислорода (первичное сжигание), в результате которых образуется газовая смесь (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), сгорающая при контакте с кислородом при достаточно высоких температурах (вторичное сгорание), в результате чего образуются два продукта: синтез-газ и биоуголь.

## Пиролиз

Термическое разложение биомассы в отсутствие кислорода при температуре от 350 °C до 700°C, разлагает органические вещества на смесь твердых веществ, жидкостей и газов. Результатом является жидкое топливо, называемое бионефтью, которое может заменить ископаемое топливо для отопления или производства электроэнергии.

## Сжижение

Сжижение превращает биомассу в стабильные жидкие углеводороды с использованием гидроусловий низкой температуры и высокого давления, 2 методами:

- Термохимическое сжижение;
- Гидротермальное сжижение (гидропиролиз).

# Биохимическая конверсия

включает специализированные ферменты/микроорганизмы для преобразования биомассы в полезную энергию.

## Анаэробное сбраживание

Анаэробное сбраживание напрямую преобразует органические вещества в биогаз. В первую очередь это смесь метана (CH<sub>4</sub>) и углекислого газа (CO<sub>2</sub>) с небольшим количеством сероводорода (H<sub>2</sub>S). Биогаз содержит энергетическую ценность от 20 до 40%, с более низкой теплотой сгорания по сравнению с биомассой. Анаэробное сбраживание позволяет перерабатывать влажную биомассу с содержанием влаги до 90%.

## Ферментация

Ферментация широко используется для производства биоэтанола из культур с высоким содержанием сахара, таких как сахарный тростник, сахарная свекла или крахмалистых культур, таких как кукуруза, пшеница и ячмень, с использованием дрожжей или бактерий. Компоненты целлюлозы, гемицеллюлозы и крахмала в биомассе преобразуются ферментами в сахара, которые затем ферментируются в этанол.

## Переэтерификация

Реакция обмена между спиртом и эфиром, при которой жиры и масла превращаются в сложные эфиры и глицерин в присутствии катализатора. Физические свойства метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК), производимых после этого, будут эквивалентны коммерческому нефтяным дизельным топливам, а побочный продукт глицерин также имеет коммерческую ценность.



# МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА БИОМАССЫ



Funded by  
the European Union

# Методология включает оценку потенциала

## Твердой биомассы

- Сельскохозяйственные остатки – **брикетирование**
- Древесная биомасса – **производство пеллет**
- Энергетические растения - **дрова и пеллеты**

## Жидких битоплив

- Масличные энергетические растения, некондиционные масла, растительных и животные жиры (отходы); жиры от убоя скота и птицы - **биодизель**
- Зерно кукурузы, побочные продукты производства кукурузы на зерно – **биоэтанол**

## Биогаза

- Навоз
- Силос кукурузный
- Пожнивные остатки основных сельскохозяйственных культур
- Побочные продукты и отходы пищевой промышленности и производства напитков
- Осадки сточных вод городских очистных сооружений
- Органическая фракция твердых бытовых отходов

Данная методология предоставлена экспертом д.т.н. Георгием Гелетухой и применена для Кыргызской Республики Татьяной Веденовой



Источниками твердой биомассы являются разнообразные сельскохозяйственные остатки, различные виды древесной биомассы и энергетические растения при их выращивании на незадействованных с/х землях)

# ТВЕРДАЯ БИОМАССА



Funded by  
the European Union

# Твердая биомасса

## Сельскохозяйственные остатки

- *Первичные* – образованные в поле в процессе сбора урожая: солома, стебли/стержни кукурузы, стебли/корзинки подсолнечника и т.д.
- *Вторичные* (образованные на предприятии при переработке урожая): лузга подсолнечника, шелуха риса, гречихи и др.
- *Навоз скота (рассмотрен в Биогазе)*

## Древесная биомасса

Топливная древесина, порубочные остатки, отходы деревообработки, сухостой, древесина из защитных лесополос, отходы обрезки и выкорчевывания многолетних с/х насаждений (сады, виноградники)

## Энергетические растения -

культуры, специально выращиваемые для использования непосредственно в качестве топлива или для производства биотоплива, такие как ива, тополь, мискантус (для получения твердого биотоплива) и кукуруза на силос (для получения биогаза)



# Сельскохозяйственные отходы

Для рассматриваемых культур, **оценка потенциала пожнивных остатков** (относятся к первичным с/х остаткам) **должна учитывать коэффициент отходов**, образующийся в процессе выращивания и обработки каждой культуры и долю общего объема таких отходов, которую можно использовать в энергетических целях

**Коэффициент отходов** – это отношение **сухой массы наземных остатков к массе урожая, собранного с полевой влажностью**, составляет для:

- пшеница (солома) – 1,0
- ячмень (солома) – 0,8
- рапс (солома) – 2,0
- кукуруза на зерно (стебли, стержни, листья, обертка) – 1,3
- подсолнечник (стебли, корзинки, сечка) – 1,9.

Теоретический потенциал **лузги подсолнечника** (относится ко вторичным с/х остаткам) рассчитывается через валовой сбор подсолнечника (согласно статистическим данным) и коэффициент образования отхода (лузги) – 0,17. В экономическом потенциале для КР не были учтены объемы экспорта/импорта семян подсолнечника

**Навоз скота** рассматривается в разделе Биогаз, поскольку его объем пересчитывается в возможный объем получения биогаза

# Возможные направления использования пожнивных остатков, %

Вид биомассы	Энергетические потребности			Другое <sup>1)</sup>	Поддержка и улучшение качества почвы				
	Производство энергии/твердых БТ	Сбраживание (биогаз)	Всего		Остается на поле <sup>2)</sup>	Возвращается на поле с дигестатом		Всего	
						По С орг.	По НПК	По С орг.	По НПК
	I	II	III (I+II)		IV	V	VI	VII	VIII (V+VI)
Солома зерновых колосовых	20	20	40	20	40	9	20	49	60
Стебли, стержни кукурузы	40	30	70	0	30	14	30	44	60
Стебли, корзинки подсолнечника	40	27	67	0	33	12	27	45	60
Солома сои	40	30	70	0	30	14	30	44	60
Солома рапса	40	30	70	0	30	14	30	44	60
Ботва сахарной свеклы	0	90	90	0	10	41	90	51	100

1) Корм/подстилка для скота, выращивание грибов, производство бумаги и т.д.

2) Сумма составляющих III (энергетика), IV (другое) и V (остается на поле) равна 100%.

# Древесная биомасса

Составляющие потенциала древесной биомассы	Подходы к оценке потенциала
<b>Топливная древесина</b>	Использованы данные вырубки плотных куб метров древесины из Окружающая среда в Кыргызской Республике, 2017-2021, Статистический сборник, таблица .7: Рубки ухода и выборочно-санитарные рубки леса, <a href="https://stat.kg/ru/publications/">https://stat.kg/ru/publications/</a>
<b>Порубочные остатки</b>	Не учитывались ввиду отсутствия объема заготовки круглого леса
<b>Отходы деревообработки</b>	Не учитывались ввиду отсутствия данных
<b>Сухостой</b>	Для оценки был взят объем <u>общего количества валежника</u> , Таблица 33 :Общее количество валежников по областям из результатов Национальной инвентаризации лесов №2 (НИЛ №2), предоставленной Кубаном Матраимовым, РЭЦЦА и экспертным допущением, что только 25% общего потенциала сухостоя является технически достижимым и экономически целесообразным для утилизации в течение 10 лет.
<b>Древесина из защитных лесополос</b>	Не учитывались ввиду отсутствия данных

# Древесная биомасса

Составляющие потенциала древесной биомассы	Подходы к оценке потенциала
<p data-bbox="71 776 713 896"><b>Отходы обрезки и выкорчевывания многолетних с/х насаждений</b></p>	<p data-bbox="733 548 2405 634">Оценка производится исходя из площади насаждений* и объемов образования отходов (т/га/год) **</p> <p data-bbox="733 662 2313 833">* Площадь садов, виноградников в плодоносном возрасте: использованы посевные площади плодовых культур из 1.05.02.06 Посевная площадь сельскохозяйственных культур и многолетних насаждений по категориям хозяйств Кыргызской Республики, Нацстат КР</p> <p data-bbox="733 862 2466 948">РЭЦЦА приводит более оптимистичные цифры 76 680 га* садов + плантаций из ПКР № 253-р от 2021 года "О земельном балансе Кыргызстана"</p> <p data-bbox="733 976 2211 1062">** Обрезка плодовых деревьев: 2,5 т/га/год; обрезка виноградников: 3 т/га/год; выкорчевывание: старых садов: 30 т/га (в течение 5 лет)</p> <p data-bbox="733 1090 2262 1125">Таким образом, было принято, что <b>сады будут производить 8,5 т/га/год отходов</b></p>

# Энергетические растения

Энергетические растения – это культуры, специально выращиваемые для использования непосредственно в качестве топлива или для производства биотоплива

Энергетические растения включают иву, **тополь**, мискантус (для получения твердого биотоплива) и кукурузу на силос (для получения биогаза)

Показатели	Энергетические растения		
	Верба/ива	Мискантус	Тополь
Получение твердого биотоплива	Верба/ива	Мискантус	Тополь
Урожайность, т с. в. /га/год	12,0	12,0	9,5
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	18,0	17,0	18,5



- Жидкие биотоплива включают биодизель (из семян рапса как с/х культуры, из использованного пищевого масла (взято 21% общего объема по примеру Германии), из масличных энергетических растений, из некондиционных масел, растительных и животных жиров (отходы); из жиров от убоя скота и птицы (взято 50% общего объема);
- И биоэтанол (из зерна кукурузы (взято 10% урожая), из побочных продуктов производства кукурузы на зерно (взято 10% от общего объема образования для перспективного потенциала).

## ЖИДКИЕ БИОТОПЛИВА

# Жидкие биотоплива

Виды жидких биотоплив	Показатели – выход биотоплива из сырья	Энергетическая емкость, МДж/кг
<b>Биодизель:</b>		
из семян с/х рапса	315 кг/т	
из использованного пищевого масла	0,98 кг/л	32.6
из масличных энергорастений (II поколения) <sup>1)</sup>	0,96 л/л	
из некондиционных масел, растительных и животных жиров	0,76 т/т	
из жиров от забоя скота и птицы	0,90 т/т	32.6
<b>Биоэтанол:</b>		
из зерна с/х кукурузы	390 л/т	27
из мелассы	300 л/т	
из побочной продукции/отходов производства кукурузы на зерно (II поколения)	0,18 т/т	

1) В данной оценке биодизель этого вида считается биотопливом II поколения (то есть передовым), поскольку согласно Директиве ЕС RED II он не подпадает под ограничения в отношении жидких биотоплив, производимых из пищевых/кормовых культур. В оригинале (Директива ЕС RED II) используется термин “advanced”

# Обоснование доли зерна кукурузы на биоэтанол

- Анализ и сопоставление данных о мировых объемах производства и переработки кукурузы, а также производстве биоэтанола из разных видов сырья, показывает, что в 2021 году около **13% урожая зерна кукурузы в мире было использовано для получения биоэтанола**
- Основываясь на этом, для Кыргызской Республики в оценке потенциала биомассы считаем целесообразным принять, что **10% урожая зерна кукурузы может перерабатываться в биоэтанол**
- Данную долю (10%) можно обосновать и с другой точки зрения. Использование 10% зерна кукурузы соответствует получению около 28,35 тыс. т ( или 18,28 тыс. т н.э.) биоэтанола (по данным урожай кукурузы в КР на 2022 г.) и **полный объем биоэтанола может быть потреблен на внутреннем рынке КР при добавлении 5%-10% (об.) биоэтанола к бензину (потребление бензина в КР в 2021 г. – 590,9 тысяч тонн)**





Биогаз – смесь 55–75% метана, 25–45% углекислого газа и небольшого количества водорода, сероводорода и других газов, полученная в результате жизнедеятельности бактерий при разложении биомассы. Основной полезной составляющей данного биотоплива является метан, при сжигании которого выделяется 20–25 МДж энергии.

# БИОГАЗ

# Биогаз

- Отходы животноводства, в том числе навоз крупного рогатого скота, навоз свиней, помет птиц, навоз овец и коз, которые образуются при содержании животных на предприятиях.
- Пожнивные остатки основных сельскохозяйственных культур, в частности пшеницы, ячменя, кукурузы, подсолнечника, и сахарной свеклы.
- Побочные продукты и отходы пищевой промышленности и производства напитков.
- Осадки сточных вод городских очистных сооружений.
- Органическая фракция твердых бытовых отходов.

Тип навоза	Удельный выход, кг СОВ/голову/день	Часть, доступная для сбора техническими средствами, %	Удельный выход $\text{CH}_4$ , $\text{нм}^3\text{CH}_4/\text{кг СОВ}$
Навоз КРС	4,04	53	0,193
Навоз свиней	0,46	100	0,45
Помет птичий	0,0356	100	0,32
Навоз овец и коз	0,88	27	0,19

# Биогаз

Тип пожнивных остатков	Теоретический удельный выход пожнивных остатков, т/т	Принятая доля для производства биогаза, % к теоретическому выходу	удельный выход CH <sub>4</sub> , нм <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /т
Пшеничная солома	1	20	230
Ржаная солома	1	20	230
Ячменная солома	0,8	20	230
Стебли кукурузы	1,3	30	140
Стебли подсолнечника	1,9	27	53
Соевая солома	1	30	191
Рапсовая солома	2	30	135
Ботва сахарной свеклы	0,45	90	38

# Биогаз

Оценка потенциала производства биогаза из **побочных продуктов производства продовольствия и напитков** охватывает наиболее весомые отрасли, а именно: производство сахара, спирта, пива, подсолнечного масла, сыров, а также мукомольно-крупяное производство.

Тип побочного продукта	Базисная единица для оценки выхода побочного продукта	Удельный выход побочного продукта на базисную единицу	Удельный выход CH <sub>4</sub> из побочного продукта	Принятая доля использования на производство биогаза
		т COB	нм <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /т COB	% к теоретическому выходу
<b>Жом</b>	1 т переработанной сахарной свеклы	0,0627	450	75
<b>Меласса</b>		0,0318	315	25
<b>Барда</b>	1 т спирта	0,960	360	75
<b>Пивная крошка/дробленка</b>	1000 л пива	0,0444	330	50
<b>Лузга</b>	1 т сырого подсолнечного масла	0,3290	125	25
<b>Макуха (жом)</b>		0,6683	200	25
<b>Фуз масличный</b>		0,0078	900	75
<b>Соапсток</b>		0,0535	700	75
<b>Сыворотка</b>	1 т произведенного сыра	0,2148	440	75

# Биогаз

Оценка потенциала производства **биогаза из осадка сточных вод** включает только городские очистные сооружения. За основу взяты данные Нацстата КР о Водоснабжение питьевой водой и водоотведение в 2021 году

Принято, что **объем образования осадков сточных вод составляет 1% объема биологически очищенных сточных вод**, а **удельный выход  $\text{CH}_4$  – 5,7 нм<sup>3</sup> $\text{CH}_4$ /т сырого осадка**. Принимается, что объемный вес отходов хозяйственно-бытовых сточных вод при влажности их 82—83% равен 600 кг/м<sup>3</sup>

Для оценки потенциала производства **биогаза из твердых бытовых отходов** использованы данные Нацстата КР относительно количества ТБО, собранных в 2021 году

Принято, что **удельный выход  $\text{CH}_4$  65,83 нм<sup>3</sup> $\text{CH}_4$ /т необработанных ТБО**, а **общая доступность ТБО для производства биогаза** на основе механической биологической обработки составит **75%**

# Потенциал биомассы в КР

Потенциал биомассы составляет около 0,8 млн т н.э./год, что эквивалентно 1,14 млн т.у.т., что эквивалентно **6,46% от топливно-энергетического баланса КР в 2021 году (17,65 млн т.у.т.)**.

Вид биомассы / биотоплива	Теоретический потенциал производства	Потенциал, доступный для энергетики			
		Часть теоретического потенциала, %	ТДж/год	Млн т н.э./год	Млн т.у.т
<b>ТВЕРДАЯ БИОМАССА</b>	тысяч т/год	%	ТДж/год	Млн т н.э./год	Млн т.у.т
Сельскохозяйственные остатки:	1989.62	44.00	6027.28	0.14	0.21
Древесная биомасса:	18814.95	0.45	0.64	18814.95	0.45
<b>ТВЕРДАЯ БИОМАССА, всего</b>	<b>6526.40</b>	<b>49.33</b>	<b>24842.23</b>	<b>0.59</b>	<b>0.85</b>
<b>ЖИДКИЕ БИОТОПЛИВА</b>	тысяч тонн/год	%	ТДж/год	Млн т н.э./год	Млн т.у.т
Биодизель:	39.07	75.00	896.63	0.02	0.03
Биоэтанол:	732.60	10.00	765.49	0.02	0.03
<b>ЖИДКИЕ БИОТОПЛИВА, всего</b>	<b>771.67</b>	<b>42.50</b>	<b>1662.12</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>
<b>БИОГАЗ</b>	млн м <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /год	%	ТДж/год	Млн т н.э./год	Млн т.у.т
БИОГАЗ, всего	313.34	64	6916.54	0.13	0.17
<b>ВСЕГО</b>			<b>33420.88</b>	<b>0.80</b>	<b>1.14</b>

**Татьяна Веденева**  
Эксперт по энергии  
биомассы, SECCA  
[talve@yandex.ru](mailto:talve@yandex.ru)

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**



Funded by  
the European Union