



Оптимизация обращения с органическими отходами на основе использования технологии получения из них биогаза

Выполнили:

Антон Сидоров, учащийся 11-го класса МОУ «СОШ № 22 с УИОП»,

Николай Загрядский, учащийся 5-го класса МОУ «СОШ № 22 с УИОП»

Научный руководитель:

Ирина Алексеевна Рубцова, учитель биологии МОУ «СОШ № 22 с УИОП»,
кандидат педагогических наук, г. Электросталь, Московская область

Авторы экологического исследовательского проекта предлагают своё решение проблемы утилизации органических отходов и обеспечения потребителей альтернативными источниками энергии как важного фактора устойчивого развития.

Актуальность темы проекта определяется тем, что данная работа является вкладом в решение проблем утилизации органических отходов и обеспечения потребителей альтернативными источниками энергии как важного фактора устойчивого развития.

Объект исследования: энергетические возможности органических отходов.

Предмет исследования: возможность получения биогаза из органических отходов для его использования в энергетическом обеспечении личных хозяйств.

Цель работы: обосновать возможность оптимизации энергообеспечения и обращения с органическими отходами на основе использования технологии получения из них биогаза в личных хозяйствах.

Гипотеза исследования: из органических отходов можно получать биогаз в объёмах, позволяющих рекомендовать этот способ получения энергии для использования в дачных хозяйствах.

Задачи работы:

- 1) проанализировать источники информации для выявления перспектив использования биологического топлива и выбора методов исследования;
- 2) провести эксперимент по получению биогаза в опытной камере;
- 3) оценить целесообразность использования биогаза в небольших фермерских и дачных хозяйствах на основании произведённого расчёта топлива;
- 4) разработать способ хранения и использования получаемого биогаза;
- 5) разработать предложения по получению и использованию биогаза в частных хозяйствах и в муниципалитетах.

Методы исследования: лабораторный эксперимент, анализ, описание, моделирование, формулировка выводов.

Ключевые слова:
биогаз, нетрадиционные источники энергии, биомасса, органические отходы, эксперимент, биореактор

Получение биогаза из органических отходов — нетрадиционный способ получения энергии

Нетрадиционные источники энергии: солнечная, геотермальная энергия, энергия ветра, мирового океана и современное состояние их использования.

Несмотря на активное использование энергосберегающего оборудования, в настоящее время наблюдается рост энергопотребления во всех отраслях промышленности и в быту. Это приводит к неизбежному истощению природных источников энергии. Так, по данным литературных источников, острый дефицит нефти и природного газа может наблюдаться уже через 50 лет, запасов каменного угля хватит примерно на 160 лет, а бурого угля не более чем на 500 лет [5]. В этих условиях становится актуальным использование нетрадиционных видов источников энергии (НВИЭ) (рисунок 1). Наиболее перспективным видится использование энергии солнца, геотермальной энергии и энергии биомассы. В нашей стране в силу её географического положения и экономического развития именно энергия биомассы, наряду с энергией малых рек, наиболее перспективна [6, 10].

В небольших фермерских и дачных хозяйствах становится актуальной проблема энергосбережения. Кроме того, в городах ежегодно становится проблемой накопление листового опада, который может служить биомассой для получения биотоплива. Авторами работы используется возможность конструирования и приме-

нения моделей автономных источников энергии, работающих на биологическом топливе.

НВИЭ представляют собой альтернативу невозобновляемым источникам энергии, и их использование способствует решению экологических проблем загрязнения окружающей среды. Вопросы использования НВИЭ важны для города Электросталь, относящегося к категории городов Подмосковья с высоким уровнем антропогенного загрязнения. Использование биотоплива будет способствовать экономической независимости горожан, имеющих дачные участки, и может принести дополнительную статью в бюджет города.

Актуальность работы обусловлена сложившимся противоречием между необходимостью использования НВИЭ в современных условиях и недостаточным уровнем информированности населения о способах использования биотоплива в качестве НВИЭ.

Это противоречие актуализирует проблему исследования: каковы способы использования энергии биомассы в дачных и фермерских хозяйствах и в условиях города?

Получение энергии методами, не вызывающими загрязнения окружающей среды, принято обозначать термином «экоэнергетика» [7]. Особенно важное значение экоэнергетика приобретает как альтернатива атомным электростанциям, риск радиационного поражения при использовании которых довольно велик. Изучение способов использования НВИЭ позволит улучшить социальные и экологические условия жизни человечества, а также сохранить потенциал невозобновимых ресурсов [10].

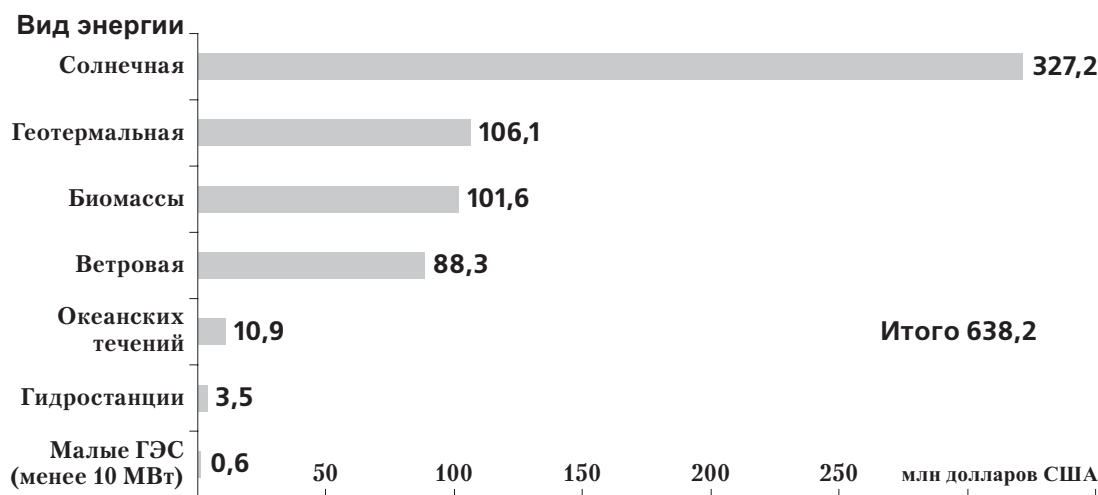


Рис. 1. Использование НВИЭ в мире в 90-х годах XX в., млн долларов США на 1995 г.



В мире использование НВИЭ приобретает устойчивую тенденцию к росту. По прогнозам специалистов-энергетиков, доля использования таких источников энергии к 2025 г. может составить до 10 % в некоторых государствах [4, 7].

Освоение НВИЭ происходит неравномерно в зависимости от вида источника энергии. Самыми используемыми становятся ветровые станции. Суммарная мощность энергии, генерируемой силой ветра, оценивается в 20 ГВт/год. Индия, США, Дания, Германия, Нидерланды стали пионерами в развитии ветромашиностроения [2, 4]. В России ветроэлектрические установки снабжают токком нефтяников, успешно работают в труднодоступных районах, на дальних островах [7].

На втором месте по объёмам производства энергии оказалась геотермальная энергетика, не требующая больших издержек и экологически безопасная [8, 9]. Её суммарная мощность составляет около 6 ГВт/год. Распад некоторых изотопов в земной коре постоянно компенсирует ежегодное излучение внутреннего тепла нашей планеты [5].

Солнечная энергия используется не настолько эффективно. Плоские солнечные коллекторы собирают энергию солнца, основное использование которой — производство тепла для коммунально-бытового водоснабжения [6, 10]. Активно изучается возможность использования «солнечных крыш» для зарядки аккумуляторов автомобилей. Солнечные батареи являются незаменимым источником энергии в спутниках, ракетах и автоматических межпланетных станциях [7].

Наконец, энергия биомассы также используется весьма эффективно. Она трансформируется в более удобные технические виды топлива (в основном биогаз).

Повсеместная распространённость, экологическая безопасность, низкие затраты на эксплуатацию относятся к безусловным положительным сторонам использования НВИЭ. Однако применение НВИЭ имеет и негативные аспекты, к которым относится малая удельная мощность, изменчивость во времени (изменение направления и силы ветра, соотношение солнечных и пасмурных дней в году и т. п.), проблема сохранения (аккумуляции) такого рода энергии. Кроме того, будучи фактически бесплатной, такая энергия может использоваться только богатыми странами в силу дороговизны оборудования [4].

Энергия биомассы и способы получения биогаза из органических остатков, их достоинства и недостатки

Биомассой называют вещества растительного или животного происхождения, а также отходы, полученные в процессе их переработки. Органические отходы, особенно полученные от сельского хозяйства, представляют собой серьёзную экологическую проблему, поскольку, попадая в водные источники, разлагаются с образованием вредных веществ, влияющих на состояние водных экосистем. Переработка таких отходов очень нужна и важна, к тому же энергетически выгодна.

В настоящее время существуют следующие направления использования биомассы:

- производство биогаза, в составе которого около 50–80 % метана и 20–50 % углекислого газа;
- производство водорода в процессе фотосинтеза нитчатых зелёных водорослей;
- обработка лазером живых клеток и использование их биопотенциала.

Термином «биогаз» обозначают продукт, получаемый в результате безвоздушной ферментации органических веществ.

Более 2000 лет биогаз эффективно используется в Китае [7]. В Европе биогаз был получен при изучении свойств навоза крупного рогатого скота в начале XIX в., а через 80 лет в Англии биогаз, полученный в результате брожения сточных вод, использовался как топливо для уличных фонарей.

В целях получения биогаза наиболее эффективно использование навоза. Так, из тонны навоза можно получить до 10 м³ метана. Переработка 100 млн тонн соломы злаковых культур или стеблей хлопчатника, ботвы культурных растений, трав даёт около 20 млрд м³ метана.

Биогаз успешно трансформируют в тепловую и электрическую энергии, используют в двигателях внутреннего сгорания, а также для получения искусственного бензина. Установки по производству биогаза обычно располагают в местах, где идёт переработка сельскохозяйственного сырья [1, 2].

Метановое брожение известно с давних пор. Оно происходит при разложении углеводосодержащих продуктов в анаэробных условиях за счёт деятельности особой

группы микроорганизмов. В результате метанового брожения из углеводов, содержащихся в биомассе, образуются: метан — около 65 %, углекислый газ — около 30 % и незначительное количество других газов (H_2S , H_2 , N_2 и некоторые другие). При этом выделяется энергия, которая превращается в тепловую и нагревает субстрат.

Количество образуемого метана находится в прямой зависимости от температуры: чем она выше, тем выше скорость и степень ферментации органического субстрата. Применение надёжной теплоизоляции позволяет освоить строительство биореакторов даже в районах, где зимой температура опускается ниже $-20^\circ C$.

В различных странах в качестве субстрата используются всевозможные органические отходы (навоз, особенно свиной, солома, древесная щепа, ботва многих растений, отходы сахарной и фруктово-консервной промышленности, даже канализационный ил). Чем выше содержание углеводов в органическом сырьё, тем больше биогаза можно получить. Способы получения биогаза разработаны и в России, в частности в Воронежской области, для крупных свиноферм [2].

Бактерии, вызывающие метановое брожение, в естественной обстановке живут в самих отходах, а также в гумусовом слое почвы с нейтральной реакцией почвенного раствора. Для стимуляции процесса брожения субстрат перестилает почвой. Если почвенный раствор кислый, используют известь для нейтрализации. Процесс образования биогаза занимает обычно око-

ло 20 дней. Необходимо учесть, что в навозе содержится большое количество азота, угнетающего деятельность бактерий, поэтому при использовании в качестве субстрата жидких отходов в них обязательно добавляют растительные остатки, содержащие углеводы.

К сырью (субстрату) предъявляются определённые требования: оно должно содержать до 90 % воды, среда должна быть нейтральной, содержимое необходимо перемешивать, так как бактерии наиболее активны в средней зоне, а корка будет мешать выделению биогаза [1, 2].

Для получения биогаза используют особые водонепроницаемые цистерны, которые называют дайджестерами (или биореакторами) [2]. Их средняя ёмкость составляет от 6 до 12 кубометров, средний выход биогаза около $0,15\text{ м}^3$ в сутки на кубометр ёмкости. Биореакторы изготавливают из кирпича, глины. Они должны иметь плотно закрывающуюся крышку с отводной трубкой для выхода газа.

Пример установки, используемой в фермерских хозяйствах, представлен на рисунке 2 (а и б).

В фермерских хозяйствах в качестве биореакторов используют цистерны из под нефтепродуктов, а для хранения получаемого газа изготавливают особые приборы — газгольдеры.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что НВИЭ являются неотъемлемой частью современного мирового хозяйства, их использование становится всё более актуальным,

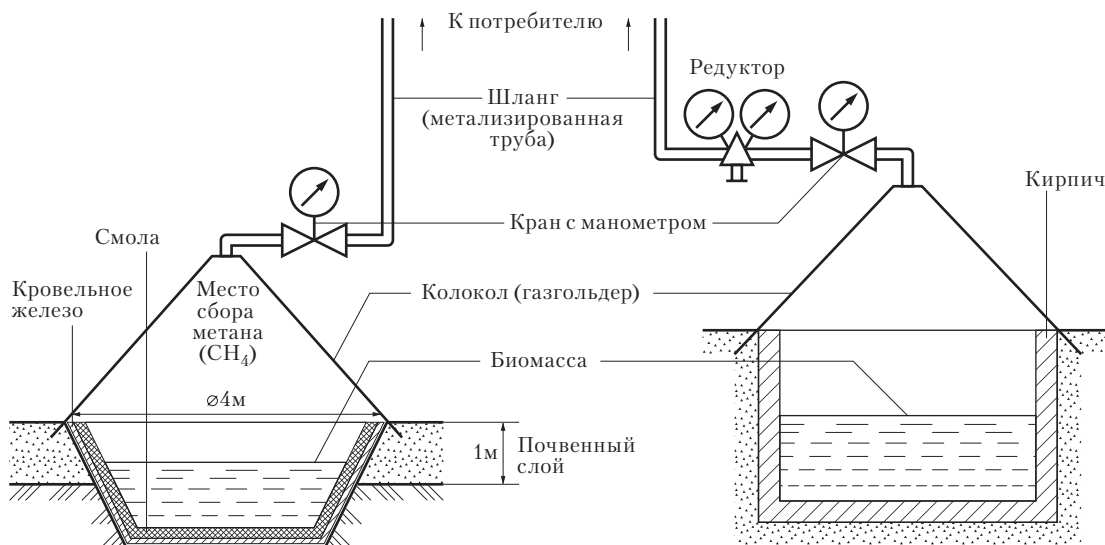


Рис. 2а. Структура установки для получения биогаза

Рис. 2б. Модель устройства биореактора для получения биогаза для дачного хозяйства



причём в небольших хозяйствах наиболее перспективным видом НВИЭ считается энергия биомассы. В настоящее время целесообразным в пределах небольших хозяйств видится применение биотоплива, поскольку этот способ получения энергии менее затратен в финансовом отношении и способствует очистке территории хозяйства от накопившегося органического мусора.

Эксперимент по получению биогаза из органических остатков

Методика и материал эксперимента

Эксперимент по получению биогаза проведён с использованием метода, предложенного в «Практикуме по экологии» под редакцией С.А. Алексеева [1]. Биогаз получен в опытной камере, смонтированной автором (рисунок 3).

Для получения биогаза необходимы следующие материалы и оборудование:

колба или пластмассовая бутылка объёмом 1 литр;

резиновая пробка с выводной стеклянной трубкой;

резиновая трубка, имеющая стеклянный переходник, диаметр которого соответствует сосуду для сбора газа;

резиновый баллон (его роль может выполнять растянутая камера резинового шарика);

термостат;

биомасса, богатая углеводами (свекольная и картофельная ботва, листья, отходы злаков);

почва (лучше с высоким содержанием гумуса);

кусочки мела или известь для нейтрализации почвенного раствора.

Этапы эксперимента и полученные данные

В пластмассовую бутылку объёмом 1 литр автор поместил слоями измельчённую биомассу весом 1,5 кг, каждый слой слегка присыпал почвой, затем залил тёплой отстоявшейся водой в соотношении 1:1 по объёму так, чтобы общая концентрация твёрдых веществ составляла около 10% по массе. При помощи индикаторной бумаги была проверена кислотность почвенного раствора. Она составила около 5 рН, то есть явилась слабокислой. Для нейтрализации почвенного раствора использовались измельчённые кусочки мела. Биомассу помещают в бутылку так, чтобы до верха оставалось 5–6 см. Бутылку необходимо закрыть резиновой пробкой с отводной стеклянной трубкой, к ней присоединяется резиновая, которая, в свою очередь, через стеклянный переходник соединяется с резиновой камерой шарика. Герметичность всех соединений и пробки с колбой обеспечивается пластмассовой изолентой. Система нагревается в термостате при температуре около +40 °С.

На протяжении четырёх недель по наполнению резиновой камеры прослеживалось выделение газа. Первые порции газа были спущены, так как существует вероятность смешения газа с воздухом с образованием взрывоопасной смеси.

После наполнения камеры газом его сжигали. Для этого камера изолировалась от бутылки лабораторным зажимом. Присоединялась длинная стеклянная трубка, и на её конце поджигался газ при ослаблении зажима.

Данные экспериментальных наблюдений

В опытной камере (бутылке) объёмом 1 литр, смонтированной автором для получения биогаза, на периоды от восьми до 20 суток помещались: картофельная и свекольная

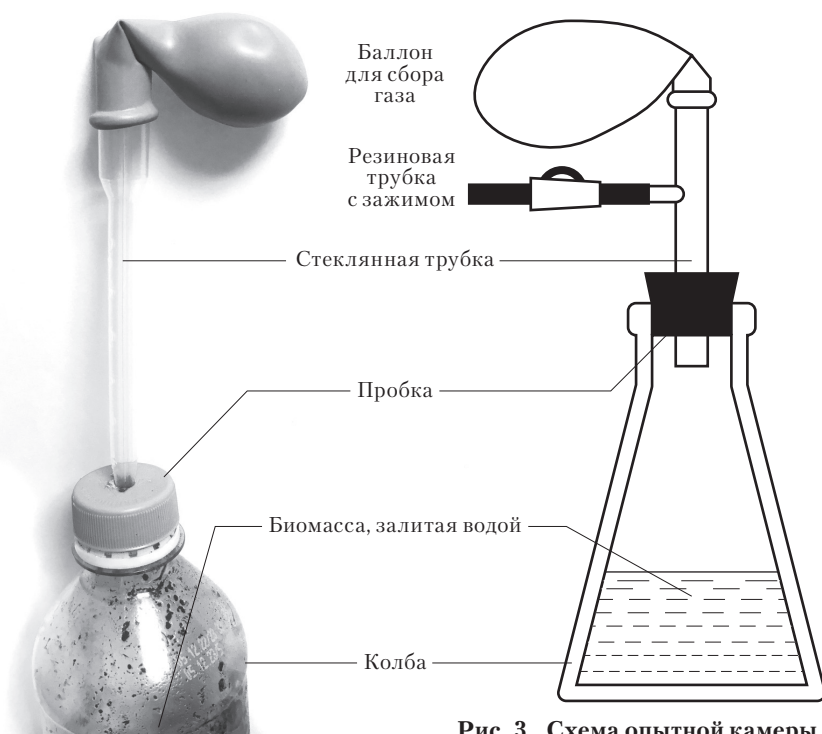


Рис. 3. Схема опытной камеры для получения биогаза

ботва, листья смородины, земляники, почва (1/20 объёма бутылки), измельчённые кусочки мела (1/20 объёма), вода (половина объёма). Отмечалось, какой объём биогаза образуется за разные промежутки времени. Это возможно, если на резиновую камеру нанести соответствующие метки, заранее измерив объём воздуха перед проведением эксперимента.

Данные эксперимента отражены в таблице и на рисунке 4.

В результате опыта было доказано, что биомасса может служить источником энергии, причём полученный биогаз возможно собирать и сжигать. Среднее время «работы» биомассы составляет две-три недели, активная «работа» биомассы начинается на шестые-восьмые сутки и продолжается до 20-го дня с ежесуточным выходом газа в объёме в среднем 10–15 % от объёма камеры с биомассой.

Предложения по получению биогаза из органических остатков

Исходя из полученных результатов исследования, авторами разработаны следующие предложения и рекомендации по практическому воплощению технологии получения биогаза из органических остатков.

1. Владельцам дачных хозяйств

При изготовлении дайджестеров (биореакторов) в соответствии со схемой их устройства (рис. 26 на с. 87) предлагается использовать ёмкость с объёмом около 150 л

(15 вёдер), что, по расчётам, создаёт гарантию выхода газа через 20 суток в объёме 110 л, его сжигание на газовой плите обеспечит её работу в течение получаса.

Накопление газа рекомендуется производить в резиновых ёмкостях (авто- и велокамеры, грелки) или в пустых газовых баллонах. Учитывая, что газ в таких стальных баллонах хранится под давлением в одну атмосферу, сбор газа при нормальных условиях не составит труда, то есть нет необходимости специально создавать повышенное давление в ёмкостях для хранения.

2. Руководству фермерских хозяйств, птицефабрик и городских отделов благоустройства

Дайджестеры рекомендуется спроектировать объёмом не менее 1500 кубометров, чтобы в качестве биомассы можно было использовать птичий помёт или листовой опад. Для ускорения переработки биоматериалов в них и ускорения процессов ферментации и брожения рекомендуется использовать биопрепарат «Байкал». Внедрение современных биотехнологий позволит частично решить проблему вывоза опавшей листвы и утилизации органических твёрдых коммунальных отходов (ТКО).

Биомассу (помёт или опавшую листву) на биогазовой установке загружают порционно с интервалом четыре-шесть часов и перемешивают. В специальном резервуаре биомасса нагревается до температуры 20–25 °С (для этого можно использовать систему отопления). Нагретая биомасса перекачивается в ферментаторы на период 20–21 день. Биогаз поднимается вверх и со-

Данные эксперимента по получению биогаза в опытной камере

Состав органической смеси: картофельная и свекольная ботва, листья смородины, земляники, почва (1/20 объёма бутылки), измельчённые кусочки мела (1/20 объёма), вода (половина объёма).

Объём камеры: 1 л.

Время брожения, сут.	Выход газа, л	Время горения, с
6	0,1	
8	0,3	
10	0,6	
12	1,0	
14	1,25	
16	1,3	
18	1,5	
20	1,5	23

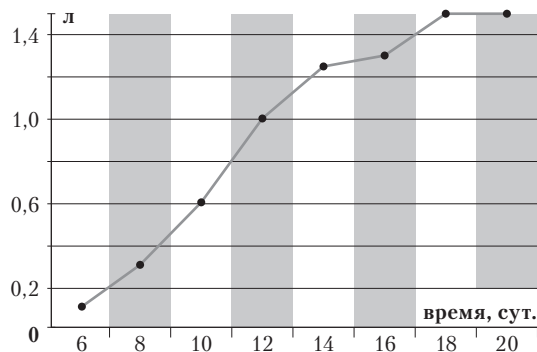


Рис. 4. Выход газа



бирается в газоприёмнике объёмом не менее 700 м³. Для предотвращения превышения давления необходимо соорудить предохранительный клапан, который при давлении 5 мбар выпускает биогаз в атмосферу. Затем биогаз попадает в особый генератор, где в результате его сгорания производится электричество и тепло. Тепло, производимое генератором, при помощи теплообменника направляется на отопление установки.

Подобные установки в настоящее время с успехом используются в фермерских хозяйствах России и Казахстана.

Использование биореакторов в частных и муниципальных хозяйствах будет способствовать снижению количества ТБО, органических отходов, позволит рационально использовать бюджет, создавая экономию средств за счёт получения биотоплива в круглосуточном режиме.

Заключение

Анализ источников информации позволил выбрать экспериментальный метод исследования и выявить следующее:

- НВИЭ являются неотъемлемой частью современного мирового хозяйства;
- наиболее перспективными видами НВИЭ считаются энергия биомассы и солнечная энергия;

— целесообразным в пределах небольших хозяйств видится применение биотоплива, поскольку этот способ получения энергии менее затратен в финансовом отношении и способствует очистке территории хозяйств от накопившегося органического мусора.

Проведение лабораторного эксперимента по получению биогаза в опытной камере позволило:

- сделать вывод о том, что биомасса может служить источником энергии, причём полученный биогаз возможно собирать и сжигать;
- подтвердить целесообразность получения биогаза для использования его в приусадебных хозяйствах и произвести расчёт получаемого объёма биогаза.

Способ хранения и использования получаемого биогаза предложен в резиновых ёмкостях и пустых газовых баллонах.

Разработаны адресные рекомендации по получению и использованию биогаза на приусадебных хозяйствах.

Планируется довести до адресатов разработанные рекомендации путём изготовления буклетов.

Результаты данного исследования обсуждались и докладывались на конференции в школе и были опубликованы в местной газете. ☐

Список использованных источников

1. Алексеев С.В., Груздева Р.В. и др. «Практикум по экологии» М: АО МДС, 1996.
2. Вронский В.А. Экология. Словарь — справочник. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002.
3. Голубкина Н.А., Шашина М.А. Лабораторный практикум по экологии. М: Форум: Инфра-М, 2003.
4. Голдин А. Океаны энергии. Пер. с англ. Оксфорд-пресс, 1983.
5. Гончар В.И. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии в Энергетической программе СССР. География в школе. 4/90. М.: Педагогика, 1990.
6. Кондаков А.М. Альтернативные источники энергии. География в школе. 4/88. М.: Педагогика, 1988.
7. Кононов Ю.Д. Энергетика и экономика. Проблемы перехода к новым источникам энергии. М.: Наука, 1981.
8. Максаковский В.П. Географическая карта мира. Ч. 1. М, 1996.
9. Максаковский В.П. Географическая карта мира. Ч. 3. М.: 1996.
10. Энергетические ресурсы мира. / Под ред. П.С. Непорожного, В.И. Попкова. М.: Энергоатомиздат, 1995.