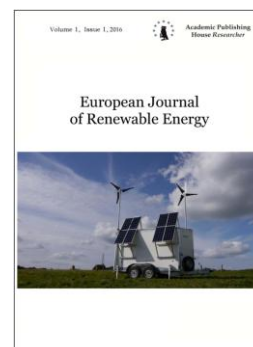


Copyright © 2016 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
European Journal of Renewable Energy  
Has been issued since 2016.  
E-ISSN 2454-0870  
2016, 1(1): 29-35

DOI: 10.13187/ejore.2016.1.29

[www.ejournal51.com](http://www.ejournal51.com)

UDC 556.013 + 581.1

## Use of Bioenergy for Sustainable Development of Region on Example of the Udmurt Republic

Maria A. Vyguzova <sup>a, \*</sup>, Anastasiia G. Kudriashova <sup>b</sup><sup>a</sup> Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation<sup>b</sup> Kamsky Institute of Humanitarian and Engineering Technologies, Izhevsk, Russian Federation

### Abstract

The article describes the development of use and prospects of bioenergy as one of the drivers of sustainable development as the country as a whole, as well as a separate region. The purpose of research – the possibility of introducing a closed bioenergy developed complex farming Udmurt Republic. For this purpose we developed energy-efficient complex with two bioenergy plants, counted the technological cycle of biogas installation. The amount of heat generated will amount to 465 kW/hour. According to studies it can be concluded about the need to develop renewable sources of energy, especially bioenergy, to move Russia from the fifth to the sixth innovative waves and sustainable development of regional economy.

**Keywords:** renewable energy, bioenergy, sustainable development, innovative waves, biogas technology.

### Введение

Зеленая экономика – это экономика, которая повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость, при этом существенно снижает риски для окружающей среды и ее разрушения. Развитие зеленой экономики обусловлено актуальностью обсуждаемой проблематики и разработкой стратегии устойчивого развития в условиях экономической интеграции. Вопросы экологии, ответственного природопользования, внедрения технологических инноваций и перехода на новые источники энергии, продовольственная безопасность должны стать основными вопросами устойчивого развития регионов.

Интерес к инвестициям в зеленую экономику, в частности в возобновляемые источники энергии (ВИЭ), не случаен.

В мировой электроэнергетике в 2011 г. был преодолен важный структурный рубеж: глобальные инвестиции в электростанции на ВИЭ достигли 237 млрд. долл. США (исключая крупные ГЭС), рост на 34 % по сравнению с 2010 г., и впервые превысили инвестиции в генерацию на традиционном ископаемом топливе – 223 млрд. долл. США.

\* Corresponding author

E-mail addresses: [mas5@mail.ru](mailto:mas5@mail.ru) (M.A. Vyguzova), [offpost@bk.ru](mailto:offpost@bk.ru) (A.G. Kudriashova)

Глобальные инвестиции в ВИЭ достигли 279 млрд. долл. США в 2011 г. – прирост на 23 % по сравнению с 2010 г., это новый исторический рекорд. Эта цифра почти в 7 раз превышает инвестиции в ВИЭ в 2004 г. – 40 млрд. долл. США ([Sonnenschein, Mundaca, 2016](#)).

Китай занимает первое место по общим инвестициям в ВИЭ с 2008 г. В 2011 г. инвестиции в ВИЭ в Китае достигли 54,7 млрд. долл. США (годовой прирост на 17 %). В 2012 г. рост продолжился (плюс 22 %), было инвестировано 66,6 млрд. долл. США – в основном в солнечную энергетику (63 % от общего).

В развитии ВИЭ можно проследить следующие тенденции:

- Резкое увеличение инвестиций в ВИЭ произошло в 2005 г. в результате воздействия «нефтяного шока» второй половины 2004 г.
- Быстрорастущая доля ВИЭ на мировых энергетических рынках (и в энергобалансе стран) ставит ВИЭ выше привычного статуса отдельных рыночных ниш.
- Высокие капитальные издержки на объектах ВИЭ долгое время служили главным барьером для быстрого внедрения и освоения рынков. Но в пост-кризисный период избыточное предложение, снижение издержек производства и рост установленной мощности ВИЭ приводит к резкому снижению капиталоемкости.
- Доля НИОКР и общих инвестициях в ВИЭ составляет 4–5 % и имеет тенденцию к снижению по мере увеличения масштабов внедрения и роста установленной мощности.
- Сектор ВИЭ легко преодолел общеэкономический кризис 2008 г., снижение на 2 % инвестиций в 2009 г. и возвратился на траекторию быстрого роста с 2010 г.
- В пост-кризисный период происходит географический сдвиг в инвестициях в ВИЭ – развивающиеся страны приближаются по абсолютному уровню инвестиций в ВИЭ к группе развитых стран.

Объем технически доступных ресурсов возобновляемых источников энергии в Российской Федерации составляет не менее 24 млрд. тонн условного топлива. Доля электроэнергии, вырабатываемой в России с использованием возобновляемых источников, в 2013 году составила около 1 % без учета ГЭС, а с учетом последних – свыше 17 %. Удельный вес производства тепловой энергии, полученной на базе ВИЭ, был около 3 %, или около 2000 млн. Гкал. В последние годы инвестиции в ВИЭ в РФ оцениваются в 200 млн. долл. США в год при годовом приросте установленной мощности ВИЭ порядка 100 МВт, что в 10 раз ниже заявленного уровня. Это не позволит увеличить долю генерации «зеленой» энергии в текущем энергобалансе до 2,5 % в планах к 2020 году ([Биоэнергетика России, 2012](#)).

В числе приоритетных технологий в энергобалансе: биоэнергетика, солнечная генерация (прежде всего солнечные батареи), ветровая генерация, системы улавливания и хранения углекислого газа (УХУ), устанавливаемые на тепловых станциях, «умные сети» и связанные с ними схемы участия потребителей в регулировании энергосистем, энергосбережение, различные технологии аккумулирования энергии, в ряду которых водородная энергетика и топливные элементы.

Если посмотреть на графическое изображение теории длинных волн Кондратьева, то можно увидеть, что переход к каждому следующему технологическому укладу (ТУ) происходит после какого-либо кризисного явления в мировой экономике. После Великой депрессии мы перешли к 4-му технологическому укладу, который характеризовался развитием нефтехимии и автомобилестроения. Переход к 5-му технологическому укладу состоялся после 1-го и 2-го нефтяных кризисов в 1974–1980 гг. В этом технологическом укладе происходит всплеск информационных и коммуникационных технологий. Финансовый кризис 2007–2009 гг. должен был вывести нас на 6-ой технологический уклад с развитием возобновляемых и альтернативных источников энергии, технологий окружающей среды, нано- и биотехнологий и здоровьесбережения ([Mathews, 2012](#)).

Но парадокс развития в России альтернативной и возобновляемой энергетики как одного из компонентов шестого и седьмого технологических укладов состоит в том, что она должна развиваться в тандеме с традиционной энергетикой (компонент четвертого ТУ) из-за сильной финансовой зависимости от углеводородного топлива.

Устойчивое развитие страны и региона возможно при развитии следующих приоритетных направлений: рациональная модель потребления и производства; «озеленение» предприятий и рынков; устойчивая инфраструктура и «зеленая» налоговая и бюджетная реформы; инвестирование в природный капитал и показатели экологической эффективности.

Промышленные отходы наравне с выбросами парниковых газов представляют реальную угрозу экологической безопасности биосферы. Количество отходов год от года растет. Поэтому сейчас во всем мире возрастает интерес к программам устойчивого развития (Sustainable Development), учитывающим экологические факторы при организации производственной деятельности. Они предусматривают удовлетворение потребностей человечества при сохранении окружающей среды. Благодаря тому, что многие компании уже реализуют подобные программы, сегодня перерабатывается около 25 % промышленных отходов. Развитие биоэнергетического кластера поможет на пути к достижению основных показателей устойчивого развития.

Перспективы развития биоэнергетики как отрасли переработки отходов колоссальны. К биоэнергетическим технологиям относятся такие процессы, как: биогазовые технологии; производство этанола; получение биодизельных топлив, жирных кислот, растительных углеводов; производство биоводорода, получение тепловой энергии.

По оценкам специалистов, объем органических отходов в России составляет 500 млн. тонн в год, запасы торфа как источника энергии составляют 175 миллиардов тонн, при этом объем возобновляемого торфа составляет 350 млн тонн в год.

Если же рассматривать развитие переработки органических отходов в регионах, в частности в Удмуртской Республике, то это является одной из актуальных задач, стоящих перед сельским хозяйством. Животноводство и птицеводство Удмуртии дает в год 150 млн. тонн отходов, растениеводство – 100 млн. тонн. Это ведет к накоплению отходов и загрязнению окружающей среды.

Основная доля потенциала биомассы, пригодной для получения биогаза, приходится на навоз (до 80 %). Потенциал производства биогаза с использованием отходов скотоводства на территории Удмуртской Республики представлен в [таблице 1](#).

**Таблица 1.** Потенциал производства биогаза с использованием отходов скотоводства на территории Удмуртской Республики

Источник биогаза	Общее поголовье, тыс. голов	Биомасса, кг/сутки на ед.	Общая биомасса, т/сут	Объем биогаза, получаемого из 1 кг биомассы, м <sup>3</sup>	Общая выработка биогаза, тыс. м <sup>3</sup> /сут
КРС	384,6	55	21153	0,05	846,12
Свиньи	306,2	12	3674,4	0,06	220,46
Овцы, козы	69,3	6	415,8	0,06	24,95
Птица	161,5	0,17	27,5	0,07	1,92

Анализ таблицы 1 показывает, что основным сырьем для выработки биогаза в республике является свиной и коровий навоз. Причем, потенциал выработки биогаза из отходов КРС в 4 раза превышает потенциал выхода газа из отходов свиноводства. Несмотря на то, что на территории Удмуртии развито птицеводство, выход газа из этой отрасли возможен, но существенно ниже, чем из остальных отраслей.

Получение биогаза при использовании отходов – это только первый шаг в создании биоэнергетической промышленности, а ее возможности, как показывают современные зарубежные разработки, безграничны. Указанное направление имеет несколько ракурсов. К числу важнейших задач относится создание технологических линий, работающих в

интенсивном режиме для разнообразного по химическому составу сырья и климатических зон региона. В связи с этим применяемые в мировой практике биогазовые установки имеют разнообразные конструкции и технологические параметры. Однако, проведенный анализ позволил обозначить существующие проблемы в этой отрасли и разработать энергоэффективную технологию утилизации отходов.

### **Постановка задачи**

В связи с актуальностью развития зеленой (низкоуглеродной) экономики не только в нашем регионе, но и во всей России, основной задачей данного исследования является разработка энергоэффективной технологии утилизации отходов с описанием принципа работы и расчет технологических параметров, входящего в комплекс оборудования.

### **Цель исследования**

В соответствии с задачей исследования, нашей целью является создание биоэнергетического комплекса замкнутого типа.

### **Методы исследования**

Для решения поставленной цели и задач, нами был разработан биоэнергетический экологически чистый энергоэффективный комплекс замкнутого типа (рис. 1).

Разработанный комплекс включает в себя 2 биоэнергетические установки: трехстадийный метантенк и пиролизная установка. Установка для вермикомпостирования служит для процесса доработки шлама после биогазовой установки, а также для переработки органических отходов из тепличного комплекса с помощью технологичных дождевых червей. На выходе из установки мы получаем биогумус, который используется в качестве ингредиента при приготовлении почвосмесей для тепличного комплекса, а также биомассу червей, которая может использоваться как внутри комплекса (например, для обогащения корма животных белковыми веществами), так и реализовываться оптовым и розничным покупателям (Выгузова, 2013).

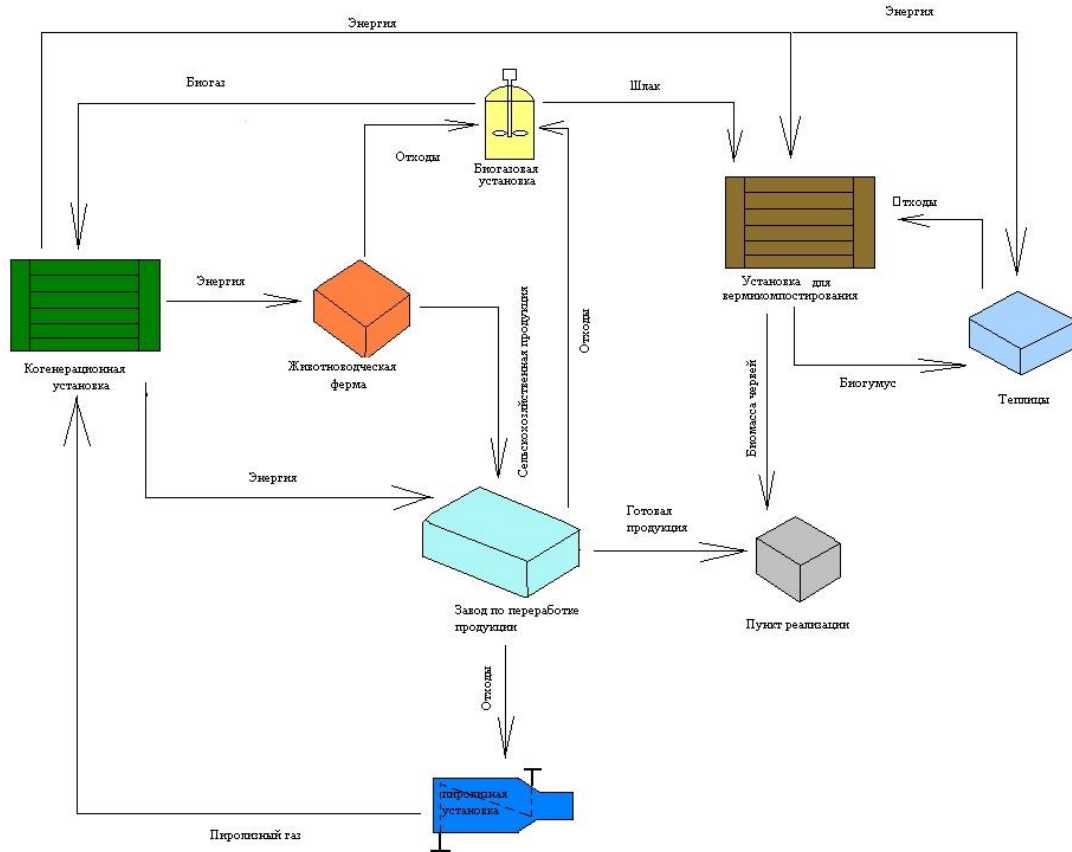
Рассмотрим движение потоков отходов, энергии и сырья в разработанном комплексе.

С животноводческой фермы отходы (навоз, подстилка, остатки кормов и т.д.) поступают в трехстадийную биогазовую установку, где происходит процесс метанового сбраживания отходов с получением биогаза и шлама. Шлам после биогазовой установки отправляется в вермиреактор для получения органического удобрения – биогумуса, который будет в дальнейшем использоваться для приготовления почвосмесей в тепличном хозяйстве (Кудряшова, Выгузова, 2014).

Органические отходы перерабатывающих производств (молокоперерабатывающие и мясоперерабатывающие заводы) очень часто попадают в источники водоснабжения, в частности реки, тем самым загрязняя их. При разложении этих отходов образуются вредные вещества, отрицательно влияющие на здоровье человека и окружающую среду. В сумме капитальных затрат на строительство перерабатывающего предприятия значительную долю составляют затраты на канализационные очистные сооружения, в связи с этим экономически выгодно как можно больше отходов утилизировать внутри предприятия. В разработанном комплексе отходы молокопереработки (сыворотка и остатки молочных продуктов из аппаратов при их опорожнении, ополоски с технологического оборудования) идут в биогазовую установку. Суммарное количество ополосков, образующихся на молокоперерабатывающем заводе, зависит главным образом от его мощности и ассортимента продукции. Согласно теоретическим расчетам, ополоски составляют порядка 10 % от объема перерабатываемой продукции.

Отходы мясного производства (шкурсырье, рогакопытное сырье) перерабатываются в пиролизной установке. Потери при обвалке туш составляют до 30 % у КРС.

Пиролизный газ и биогаз поступают в когенерационную установку, где вырабатывается электрическая и тепловая энергия, которая в дальнейшем используется для технологических нужд всего комплекса.



**Рис. 1.** Структурная схема энергоэффективного комплекса

Отходы тепличного хозяйства представляют собой растительные остатки при выращивании овощей, загрязненные земли, отходы грунта, отходы стекла, резины от поливочных шлангов и т.д. Неорганическую часть отходов (стекло, резина) возможно утилизировать в пиролизной установке. Органическая часть отходов вермикомпостируется. Согласно Нормам технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады (ОНТП-СХ.10-85), примерный выход растительных остатков с 1 га теплиц: огурца – партенокарпических гибридов – 60–70 т/га; томата – 90–100 т/га, при продленной или переходной культуре – 120–130 т/га и при использовании шпалеры – 170–200 т/га.

Пример: сельскохозяйственная ферма на 600 голов дойного стада КРС. Годовой выход молока составляет 2377 т, мяса – 81,8 т, навоза – 2956 т.

Выход ополосков с технологического оборудования молокоперерабатывающего завода составляет 700 л/сут.

Потери мясного производства при обвалке туш составляют 24,6 т/год.

Отходы тепличного хозяйства (при выращивании огуречно-томатной продукции) составят ориентировочно 160 т. Исходя из теоретических и практических данных по выходу продукции после процесса вермикомпостирования, количество биогумуса составит примерно 104 т.

Проведенные расчеты позволяют оценить параметры биореактора, необходимого для переработки указанного количества отходов. Ниже приведены характеристики биогазовой установки и режим ее работы.

Полезные характеристики установки:

Средний общий объем сырья: 30 т/сут

Общий объем получаемого биогаза: 1800 м<sup>3</sup>/сут

Эквивалент возможной вырабатываемой электрической энергии, до 180 кВт/час  
 Дополнительно вырабатываемая тепловая энергии, до 210 кВт/час  
 Количество вырабатываемой только тепловой энергии, до 465 кВт/час. Это примерно эквивалентно отоплению 4650 кв. м. при температуре на улице -35С

Технические характеристики установки:

Диаметр биореактора: 4.5 м

Конструкция биореактора модульная, длина модуля: 12 м

Полезный объем биореактора: 504 м<sup>3</sup>

Количество модулей (может наращиваться или уменьшаться): 3 шт.

Режим брожения: психрофильно-мезофильно-термофильный

Технологический процесс брожения: непрерывный

Время брожения: от 12 до 18 суток

Влажность загружаемого субстрата: до 95 %

Избыточное давление биогаза: 2 кПа (200 мм. вод. ст.)

Температура брожения в психрофильной секции: от 8°С до 25°С

Температура брожения в мезофильной секции: от 25°С до 40°С

Температура брожения в термофильной секции: от 45°С до 57°С

Количество жидких удобрений на выходе: 39 т/сут

Период перемешивания: 4 раза в сутки по 10 минут

Таким образом, мы видим, что использование биоэнергетических установок в сельском хозяйстве поможет не только утилизировать различные виды отходов, но и получать энергию, которая может использоваться для обеспечения технологических процессов и реализовываться потребителям.

### Заключение

Традиционный финансовый анализ основан на расчете дисконтированного кеш-флоу. Но такого рода анализ не способен адекватно учесть будущие риски, связанные с ценами на топливо. Он также полностью игнорирует затраты на охрану окружающей среды и здравоохранение, связанные с эмиссиями на электростанциях сжигающих ископаемое топливо.

Если мы рассмотрим затраты на полный технический цикл, то некоторые возобновляемые источники уже сейчас могут конкурировать с традиционными энергетическими ресурсами. Несмотря на это, потенциал этих финансово жизнеспособных технологий ВИЭ не реализуется полностью из-за различных барьеров рынка, таких как государственное субсидирование традиционных топлив. По некоторым данным ежегодное государственное финансирование в России газовой промышленности составляет 25 млрд. долл. США, а электроэнергетики – 15 млрд. долл. США.

Выходом из сложившейся ситуации вполне может стать региональное развитие альтернативной энергетики. Так, например, внедрение разработанных технологий в Удмуртской Республике поможет создать благоприятную экономическую обстановку для устойчивого развития региона и повышения его конкурентоспособности.

Кроме того, социальная эффективность возобновляемой энергетики выражается наличием прямых и косвенных рабочих мест с высокой степенью устойчивости, т.к. эта отрасль менее всего подвержена кризисным влияниям. Отсутствие эмиссии CO<sub>2</sub> и других вредных выбросов улучшает условия проживания населения. Установки небольшой мощности существенно влияют на комфортность проживания людей не подключенных к сетям общего пользования.

### Примечания

[Sonnenschein, Mundaca, 2016](#) – Sonnenschein J., Mundaca L. (2016). Decarbonization under green growth strategies? The case of South Korea. *Journal of Cleaner Production*. 123, pp. 180-193.

[Биоэнергетика России, 2012](#) – Биоэнергетика России в XXI веке. Москва, 2012. 37 с. [In Russian]

[Mathews, 2012](#) – Mathews J.A. (2012). The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making? *Futures* 46, pp. 10-22.

[Выгузова, 2013](#) – *Выгузова М.А.* (2013). Исследование технологии утилизации отходов в сельскохозяйственном производстве. *Журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 85. С. 338-348. [In Russian]

[Кудряшова, Выгузова, 2014](#) – *Кудряшова А.Г., Выгузова М.А.* (2014). Научно-технические проблемы использования новых технологий в области возобновляемых источников энергии // *Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и IX научной молодежной школы*. М.: Университетская книга, 2014. [In Russian]

### References

[Sonnenschein, Mundaca, 2016](#) – Sonnenschein J., Mundaca L. (2016). Decarbonization under green growth strategies? The case of South Korea. *Journal of Cleaner Production*. 123, pp. 180-193.

[Bioenergetika Rossii, 2012](#) – *Bioenergetika Rossii v XXI veke* [The bioenergy of Russia in XXI century]. Moskva, 2012. 37 p.

[Mathews, 2012](#) – Mathews J.A. (2012). The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making? *Futures* 46, pp. 10-22.

[Vyuzova, 2013](#) – *Vyuzova M.A.* (2013). Issledovanie tekhnologii utilizatsii otkhodov v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve [The research of technology of recycling of waste in agricultural production]. *Zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. № 85. pp. 338-348.

[Kudryashova, Vyuzova, 2014](#) – *Kudryashova A.G., Vyuzova M.A.* (2014). Nauchno-tekhnicheskie problemy ispol'zovaniya novykh tekhnologii v oblasti vozobnovlyaemykh istochnikov energii [Scientific and technical problems of using new technologies in the field of renewable energy] // *Vozobnovlyaemye istochniki energii: Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhduнародnym uchastiem i IX nauchnoi molodezhnoi shkoly*. М.: Universitetskaya kniga, 2014.

УДК [556.013 + 581.1](#)

## Использование биоэнергетики для устойчивого развития региона на примере Удмуртской республики

Мария Анатольевна Выгузова <sup>a,\*</sup>, Анастасия Геннадьевна Кудряшова <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Удмуртский государственный университет, Ижевск, Российская Федерация

<sup>b</sup> Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы развития использования и перспективы биоэнергетики как одного из драйверов устойчивого развития как страны в целом, так и отдельного региона. Цель исследования – возможность внедрения разработанного замкнутого биоэнергетического комплекса в сельское хозяйство Удмуртской Республики. Для достижения цели был разработан энергоэффективный комплекс с двумя биоэнергетическими установками, посчитан технологический цикл биогазовой установки. Количество вырабатываемой тепловой энергии составит до 465 кВт/час. По проведенным исследованиям можно сделать вывод о необходимости развития возобновляемых источников энергии, в частности биоэнергетики, для перехода России из пятого в шестой технологический уклад и устойчивого развития экономики регионов.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, биоэнергетика, устойчивое развитие, технологические уклады, биогазовые технологии.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [mas5@mail.ru](mailto:mas5@mail.ru) (М.А. Выгузова), [offpost@bk.ru](mailto:offpost@bk.ru) (А.Г. Кудряшова)