

Дзядикевич Ю.В.,
д.т.н., професор
Розум Р.І.,
к.т.н., доцент
Буряк М.В.,
к.т.н., доцент

Тернопільський національний економічний університет

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Постановка проблеми. Одним із напрямків покращення енергозабезпечення України і зменшення викидів в атмосферу шкідливих газів підприємствами теплоенергетики є стимулювання виробництва теплової та електричної енергії на основі використання біопалива [1].

Вирішення цієї задачі неможливе без створення відповідної правової бази. Розвиток енергетичного потенціалу країни регламентується законами України: “Про енергозбереження” (1994 р.), “Про електроенергетику” (1997 р.), “Про альтернативні види рідкого та газового палива” (2000 р.), “Про альтернативні джерела енергії” (2003 р.) та постановами Кабінету Міністрів “Про Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики” (1997 р.), “Про невідкладні заходи щодо виконання Комплексної державної програми енергозбереження України” (2000 р.), “Про деякі заходи щодо раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів” (2000 р.) і “Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного” (2004 р.) тощо [2 – 9]. Це є важливою умовою для розвитку енергетичного потенціалу поновлюваної енергетики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед різних видів біопалива особливе місце займає деревина, оскільки вона за своїми енергетичними показниками рівноцінна бурому вугіллю [10]. Важливою особливістю деревної біомаси, як палива, є відсутність у ньому сірки та фосфору. Утилізація відходів із деревини для отримання тепла значно скорочує витрати на закупівлю енергоносіїв і дозволяє вирішити важливу екологічну проблему переробки відходів підприємств лісового господарства та деревообробної промисловості.

В Україні одержання тепла з деревини не отримало належного розвитку, позаяк навіть на деревообробних підприємствах основним джерелом тепла є природний газ. Водночас як у європейських країнах кількість енергії, що отримується з деревини, сягає 5%, а у Фінляндії, Швеції, Португалії цей показник становить 16 %, тоді як у республіках колишнього СРСР досягає лише 0,8% [2].

Постановка завдання. Все це стало підставою для вивчення можливості використання відходів деревини, як екологічно чистого й енергоємного палива, для енергозабезпечення країни.

Виклад основного матеріалу дослідження. Існує декілька напрямів ефективного використання твердого біопалива.

Одним із них є утилізація відходів із деревини шляхом застосування системи автоматичного спалювання (САС) і водяного або парового котла [11]. Комплект САС складається з бункера, в який засипаються відходи, шнекового механізму, керованого автоматикою, та газогенератора, в якому проходить процес перетворення відходів у газ. Утворений потужний факел вогню поступає з газогенератора у топку котла. Задана температура теплоносія (гаряча вода або пара) на виході з котла контролюється і підтримується автоматично. Залежно від потужності САС мають різні розміри та рівень механізації й автоматизації. З відходів деревини вологістю 30 – 50% (тирса, стружка, кора, шматкові відходи розміром до 30 мм) в автоматичному режимі відбувається утворення газу. У процесі повного згоряння тверді частинки у вигляді золи практично не утворюються. Газоутворення здійснюється під впливом високої температури газогенератора (до 1200 °С),

надлишкового тиску та вологості відходів. Хімічний склад утвореного газу складається (%): CO₂ – 11,06, O₂ – 5,7, CO – 15,7, CH₄ – 7,44, H₂ – 3,85, CnHm – 0,11, N₂ – 56,44, смоли – 0,001 г/100 мм³. У викидах в атмосферу, що виділяються в процесі спалювання газу, є 7,9 % вуглекислого газу та 13,1 % кисню. Натомість відходи деревини не мають у своєму складі сполук сірки та хлору, а вміст сполук азоту в них у 100 – 150 разів нижчий, ніж у природних копалинах. Тому концентрація шкідливих речовин у викидах значно нижча, ніж при спалюванні інших видів палива. Таким чином, вирішуються екологічні проблеми.

Використання САС на деревообробних підприємствах суттєво економить енергоносії (газ, електроенергію тощо). Наприклад, САС потужністю 100 кВт достатньо для обігрівання виробничих приміщень площею 700 м² при їх висоті 3,5 м або 3-х вакуумних сушильних камер об'ємом 30 м³. В умовах експериментального деревообробного виробництва у Львові САС потужністю 100 кВт відпрацювала безаварійно понад 4 роки, обігрівала 600 м² виробничих приміщень і дві вакуумні сушильні камери об'ємом 15 м³ і 6 м³. При цьому інші енергоносії для обігріву не використовувалися, фактична витрата електроенергії при сушінні пиломатеріалів становила 1,5 – 2 кВт/год·м³ [11].

В європейських країнах САС широко використовуються в упродовж останніх 20 років. Перелік європейських виробників САС перевищує чотири десятки. Проведений маркетинг показав [11], що найдешевшими, а отже, найшвидше окупними є САС польського виробництва (100 – 500 кВт) та італійського виробництва (1000 – 3000 кВт). САС потужністю понад 3000 кВт виготовляються виключно за індивідуальними проектами, на підставі конкретних технічних умов замовника.

У Росії на сьогоднішній день експлуатується велика кількість парових котлів біопалив марок Е і ДКВР із топкою Померанцева, з додатковим пальником на мазут або дизпаливо. Вважається, що це дуже ефективно [12]. Однак висновки експертів протилежні. Тирса містить золу, до складу якої входять різні метали. Якщо ці метали опиняються в середовищі з дуже високою температурою, то проходить процес їх плавлення. Розплавлена зола називається шлаком і приводить до утворення великих каменів у камері згоряння. Шлак також може утворюватися перед котельними трубами та ізолювати їх від випромінювання тепла, яке створює мазутне паливо. Отже, при спалюванні в одній камері рідкого палива і тирси утворюється шлак, який зменшує тепловипромінювання рідкого палива. Така кількість тепла, що виходить у результаті випромінювання від спалювання тирси при низькій температурі, є дуже малою.

Таким чином, наведені вище факти свідчать про те, що спалювання тирси одночасно з мазутом – це знищення тирси і не дає енергетичного ефекту.

Ефективним напрямом використання відходів деревини є виготовлення із них паливних брикетів або гранул (пеллет).

Деревні паливні брикети – це екологічно чистий продукт, який виготовляється з натуральних, необроблених хімічними препаратами деревних відходів [13]. Процес відбувається при високому тиску і температурі. Зв'язуючою речовиною є лігнін, який міститься в деревині. Температура, що виникає під час пресування, сприяє ущільненню поверхні брикетів, внаслідок чого вона стає водонепроникною. При згорянні брикетів утворюється до 1 % золи, що в 20 раз менше, ніж від вугілля. Крім того, золу можна використовувати як міңдобриво. Під час горіння паливних брикетів вуглекислого газу утворюється в 10 разів менше, ніж від природного газу і в 50 разів менше, ніж від вугілля, а сірки виділяється менше 0,08 %. Брикети мають щільність в 2 рази більшу, ніж дрова, а отже займають менше місця. Зазначені кількісні характеристики свідчать про те, що це зручний, чистий продукт для складування та транспортування і в процесі спалювання не має негативного впливу на довкілля.

Водночас необхідно зазначити, що велика увага як науковців, так і виробників була приділена розробці технологій переробки деревних відходів, отримання брикетів (гранул) і вдосконалення устаткування для ефективного використання деревини [14 – 24].

У роботах [14 – 16] пропонуються способи переробки деревних відходів і пристрої, які забезпечують ефективне використання паливних заготовок. Це дає можливість здешевити лісосічні роботи, максимально повно використати деревні відходи та одержати екологічно чисте паливо для котелень і газоенергетичних установок. Розроблені конструкції установок

покрощують їх експлуатаційні характеристики та розширюють технологічні можливості переробки деревини.

Значна увага також приділяється вдосконаленню пристроїв для подрібнення відходів деревини, що дає можливість подальшого ефективного їх використання [17 – 19]. Однак недоліком зазначених пристроїв є те, що подрібнена маса деревних відходів, яка завантажується у причеп трактора, займає великий об'єм. Це призводить до значної кількості переїздів транспортного засобу від місця заготівлі сировини до місця виготовлення брикетів.

З метою усунення цього недоліку автори [20] запропонували спосіб і пристрій для виготовлення деревних брикетів (рис. 1). Відходи деревини збираються та направляються в пристрій 1, де відбувається подрібнення деревини. Далі подрібнена маса направляється в пристрій 2, в якому проходить процес пресування та формування паливних брикетів. Потім брикети завантажуються в кузов 3 транспортного засобу 4 і перевозяться до місця призначення.

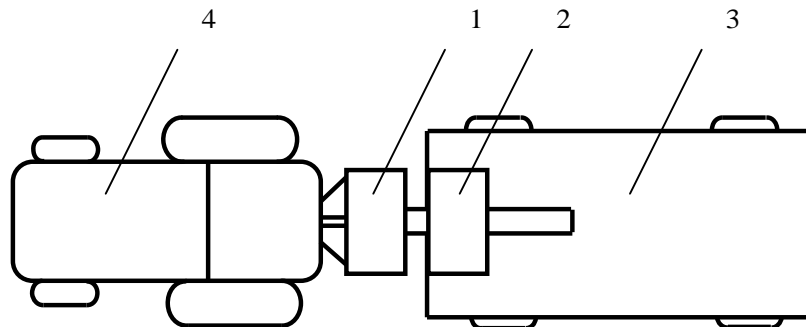


Рис. 1. Схема процесу виготовлення деревних брикетів

1 – подрібнювальний пристрій, 2 – пресувальний пристрій, 3 – кузов транспортного засобу, 4 – транспортний засіб

Запропонований спосіб отримання паливних брикетів дає можливість підвищити продуктивність процесу збирання відходів і сухою внаслідок збільшення питомої маси подрібненої та спресованої деревини. При цьому зменшується кількість транспортних операцій, а також підвищується ефективність використання паливних заготовок, оскільки зростає теплотворна здатність виготовлених брикетів. Необхідно зазначити, що конструктивне виконання пристроїв для подрібнення і пресування деревних відходів, а також їх компонування з транспортним засобом (трактором) може мати безліч варіантів. Привод технологічних пристроїв доцільно використовувати від валу відбору потужності трактора.

Спосіб виготовлення паливних брикетів із деревини [20] дозволяє прибирати відходи деревини як в лісі, так і в лісопосадках, в парках і скверах.

Низка патентів [21 – 24] присвячена проблемі економічного використання відходів деревини шляхом їх збирання, пакетування, ущільнювання, формування, в'язання і транспортування виготовлених паливних брикетів. Зокрема, фірма "Істра-Ламбер Україна" із відходів деревних виробів (дерев'яні будинки, дерев'яні двері, паркетна дошка, клеєний брус) і біопродуктів виготовляє паливні брикети діаметром 100 мм і довжиною до 150 мм [21]. Пакуються вироби по 10 і 22 кг. Тривалість горіння брикету до 30 хв, під час якого утворюється мінімальна кількість диму та немає іскор. Теплотворна здатність паливних брикетів практично така сама, як у кам'яного вугілля.

Розроблено також пристрої, які мають високу продуктивність і одночасно подрібнюють тирсу, перемішують її та сушать. Це дає можливість у подальшому успішно використати відходи деревообробного виробництва для виготовлення паливних гранул (пеллет) [22–24]. Пеллети – це паливні гранули, які мають форму циліндра діаметром від 6 до 14 мм і довжиною до 20 мм [25].

З метою економії деревних відходів під час їх перевезення Рудольф Гуннерман вперше у 1947 році організував у США виробництво паливних гранул. Потім виробництвом пеллет зацікавилися і для опалювання [26].

Сучасна історія паливних гранул почалася в Швеції, де в 1984–88 роках започатковано виготовлення пеллет для опалення з відходів деревообробки. Виробництво гранул стрімко розвивається в Канаді, Данії, Австрії, Голландії, Фінляндії, Норвегії, Англії, Франції та Італії. В Німеччині виробництво пеллет почалося лише в 1998 році [26].

Сировиною для виробництва пеллет є деревні відходи (тирса, стружка, кора, тріски). Сировина спочатку подається в дробарку, в якій подрібнюється до стану муки, а потім отримана маса поступає в сушарку, де висушується до вмісту вологи 8–12%. Висушена мука надходить у прес-гранулятор, в якому відбувається формування пеллет. Під час пресування тиск підвищує температуру матеріалу, а лігнін, який міститься у деревині, розм'якшується і склеює частинки в щільні циліндри. Готові гранули охолоджують, пакують у стандартну тару 12–40 кг або доставляють споживачу насипом. На виробництво 1 т пеллет витрачається 4–5 м³ деревних відходів [26].

Деревні гранули майже не містять сірки, порівняно з кам'яним вугіллям і мазутом (табл. 1). Це запобігає утворенню диоксида сірки, який в атмосфері взаємодіє з водяною паром, внаслідок чого утворюється сірчана кислота [27]. При згорянні пеллет утворюється в 10 разів менше золи, ніж від кам'яного вугілля. Крім цього зола використовується як добриво.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика різних видів палива

Вид палива	Теплота згорання, МДж/кг	Сірка, %	Зола, %	Вуглекислий газ, кг/ГДж
Природний газ	35 – 38 МДж/м ³	0	0	57
Кам'яне вугілля	15 – 25	1 – 3	10 – 35	60
Дизельне паливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Тирса	10	0	2	0
Деревні гранули (пеллети, брикети)	17,5	0,1	3,5	0
Гранули торф'яні (пеллети, брикети)	10	0	20	70

Паливні гранули (пеллети) мають низку суттєвих переваг перед такими видами палива як вугілля, газ, а саме:

- найбільш безпечний, екологічно чистий і сучасний спосіб одержання тепла та створення для житла теплої, комфортної обстановки;
- велика теплотворна здатність у порівнянні з дровами;
- екологічна чистота (вміст золи не більше 3%);
- доквілля не забруднюється викидами вуглекислого газу, оскільки в атмосферу викидається стільки СО₂, скільки дерево поглинуло під час свого росту;
- низька вологість (8–12%), водночас як у дровах вона досягає 50 %;
- висока енергоконцентрація при незначному об'ємі (при спалюванні 1000 кг гранул виділяється стільки теплової енергії, як при спалюванні 1600 кг деревини, 478,5 м³ газу, 500 л дизпалива та 685 л мазуту);
- висока щільність (у 1,5 рази більша, ніж у дров);
- несхильність до самозаймання, оскільки не містять пилу та спор і тим самим не викликають алергічну реакцію у людей;
- висока насипна щільність, внаслідок чого не потрібно великих площ для складування;
- низька вартість;
- можливість повної автоматизації подачі палива в зону горіння;
- зручність при транспортуванні та зберіганні;
- відсутність неприємного запаху;
- простота очищення пальників, технічного обслуговування котлів і камінів;
- можливість використання золи як міндобриво.

Популярність гранул як «домашнього» палива зумовлена і тим, що тепло з деревини сприймається набагато приємніше, ніж тепло, одержане з мазуту або природного газу.

Необхідно також зазначити, що використання пеллет як палива дає можливість не залежати від компаній монополістів (газ, електроенергія) і зовнішніх умов (пошкодження ліній електропередач, трубопроводів тощо).

Деревні гранули є стандартизованим видом палива і для них існують нормативи. У різних країнах уведені різні стандарти на виробництво паливних гранул (пеллет) [26]. Стандарти обумовлюють щільність, розміри гранул, вологість, вміст пилу та інших речовин. Наприклад, у США діє Standard Regulations & Standards for Pellets in the US: The PFI (pellet),

які дозволяють виробництво гранул двох сортів: «Преміум» і «Стандарт». Відповідно до цих стандартів паливні гранули не можуть бути більше $1\frac{1}{2}$ дюйма довжиною, а діаметр їх повинен бути в межах від $\frac{1}{4}$ до $5\frac{1}{16}$ дюйма. Гранули «Преміум» повинні містити не більше 1% золи, а «Стандарт» – не більше 3%. У США випускається 95% гранул сорту «Преміум», який можна застосовувати для опалювання будь-яких будівель. Стосовно гранул сорту «Стандарт», то вони містять великий об'єм кори або сільськогосподарських відходів, що зумовлює обмежену кількість їх випуску.

У Німеччині на паливні гранули прийнято стандарт DIN 51731. Довжина гранул не більше 50 мм, діаметр від 4 до 10 мм. Вологість пеллет не повинна перевищувати 12%, а вміст пилу не більше 0,5% тощо.

У зв'язку з поступленням на ринок низькосортних деревних гранул, які переважно виготовлені за кордоном, із весни 2002 року гранули в Німеччині одержали новий стандарт DIN plus. Цей сертифікат об'єднав німецький і австрійський стандарти.

В Україні та Росії стандартів на пеллети немає. Саме тому виробники гранул орієнтуються на європейські стандарти.

На сьогоднішній день пеллети використовуються для опалення житлових і виробничих приміщень, а також у котлах великої потужності (сучасні ТЕЦ). Схема котельного устаткування для спалювання пеллет представлена на рис. 2. Пеллети спочатку завантажують у бункер 1, а потім з допомогою гнучкого шнека 2 і електродвигуна 3 подають їх до пальника 4, в якому відбувається згоряння. Тепло від згоряння деревних пеллет поступає в котел 5.

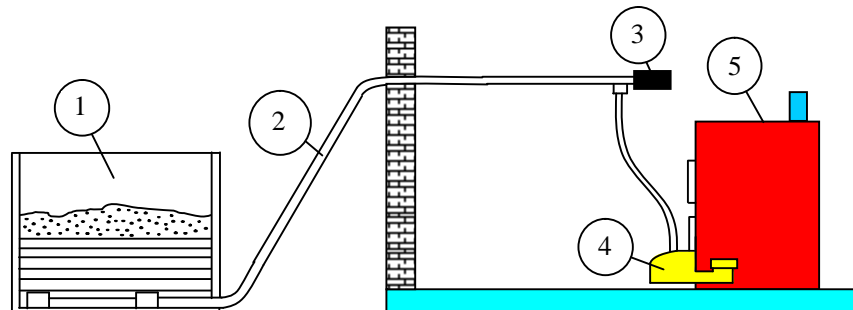


Рис. 2. Схема котельного устаткування для спалювання пеллет

1 – бункер із пеллетами, 2 – гнучка шнекова подача, 3 – електродвигун, 4 – пальник, 5 – котел.

Котли, що працюють на пеллетах порівняно новий і дуже популярний в Європі вид опалювальних систем [12]. Вони бувають різних типів, але всі мають високий рівень автоматизації. Загальними принципами роботи котлів є автоматична подача палива з бункера (за необхідності) та підтримування заданої температури.

Затрати на придбання та встановлення устаткування окупуються за 1–2 роки. Котельня на пеллетах може тривалий час (від одного до декількох місяців) працювати без втручання людини. Потужність побутових котлів є в межах від 15 до 100 кВт, промислових – до 1200 кВт. Пеллетні котли мають високий ККД (до 95%). Деякі моделі котлів можуть мати додатковий контур гарячого водопостачання. Котли не потребують спеціального обслуговування. Очищення від золи проводиться один раз у місяць.

Якщо в будинку вже є твердопаливний котел, то його можна перевести на пеллети. Для цього необхідно придбати пальник для пеллет, систему подачі пеллет, а також виготовити бункер (рис. 3, а,б). Можна також перевести пеллетне опалення на газове, в цьому випадку пеллетний пальник замінюється на газовий (рис. 3, в). Система опалення деревними гранулами гарантує повну вибухобезпечність.

Використання паливних гранул або брикетів як альтернативного, екологічно чистого та ефективного виду палива є дуже перспективним. Аналітики вважають, що споживання біопалива для отримання енергії в Європі виросте у 2010 році з 3 до 12 млн.т, а в 2020-му досягне 21 млн.т. [14]. Найбільшими країнами виробниками та споживачами пеллет (тис. тонн у рік) є: США – 2000, Швеція – 650, Росія – 600, Данія – 500, Австрія і Канада – по 110, Німеччина і Фінляндія – по 100, Англія – 10, Японія – 3.



Рис. 4. Види котельного устаткування

а – універсальний котел із пелетним пальником і бункером для пеллет, б – автоматичний котел із пелетним пальником, в – пеллетний пальник.

В Україні ринок пеллет ще дуже молодий. Виробництво гранул появилось в 2005 році і сьогодні їх виробляють 15 підприємств. Річний обсяг виробництва пеллет становить 200 тис. тонн, із них 95–97% експортується в Європу [26].

Висновки з даного дослідження. Таким чином, управління енергозабезпеченням шляхом використання вторинних енергоресурсів – виробництво паливних гранул і брикетів дозволяє вирішити водночас важливу екологічну проблему – переробка відходів підприємств лісового господарства, деревообробної промисловості та агропромислового комплексу та забезпечити ці підприємства дешевою енергією та не залежати від компаній монополістів і зовнішніх умов. На сьогоднішній день це є екологічно й економічно виправданий шлях ресурсо- та енергозабезпечення.

Література

1. Стратегія енергозбереження в Україні. За ред. В.А. Жовтянського. – Т.1. – К.: Академперіодика, 2006. – 510 с.
2. [Закон України](#) “Про енергозбереження”. Від 01.07.1994 р. № 74/94-ВР.
3. [Закон України](#) “Про електроенергетику”. Від 16.10.1997 р. №575/97-ВР.
4. [Закон України](#) “Про альтернативні види рідкого та газового палива”. Від 14.01.2000 р. № 1391-ВВР.
5. Закон України “Про альтернативні джерела енергії”. Від 20.02.2003р. № 555-IV.
6. Постанова Кабінету Міністрів України “Про Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики”. Від 31.12.97 р. № 1505.
7. [Постанова Кабінету Міністрів України](#) “Про невідкладні заходи щодо виконання Комплексної державної програми енергозбереження України”. Від 27.06.2000 р. №1040.
8. [Постанова Кабінету Міністрів України](#) “Про деякі заходи щодо раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів”. Від 07.07.2000 р. № 1071.
9. [Постанова Кабінету Міністрів України](#) “Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного”. Від 05.10.2004 р. №1307.
10. Дзюпин О.В. Утилізація відходів деревини з отриманням тепла // Будмайстер. 2000. – № 8. – С. 8 – 11.
11. Головков С. И., Коперин И. Ф., Найденов В. И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.
12. <http://msd.in.ua/economkotel/>
13. <http://juschin.com.ua/c/plyusy-i-minusy>
14. <http://www.evrobriket.ru/>
15. Пат. 2012486 Россия. Передвижная машина для переработки древесины / М.В. Гомонай. – Опубл.15.05.1994.
16. Пат. 2120853 Россия. Способ отделения древесной зелени и устройство для его осуществления / В.И. Ягодин, Л.В. Свирин, В.И. Роцин. – Опуб. 27.10.1998.

17. Пат. 2267257 Россия. Способ получения и использования древесных топливных заготовок и устройство для его осуществления / А.М. Способ. – Оубл. 10.10.2003.
18. Пат. 40351 А Україна. Пристрій для подрібнення матеріалів / Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, Г.Л. Рябцев, М.В. Сезонов. – Оубл. 16.07.2001.
19. Пат. 40351 А Україна. Пристрій для подрібнення деревини / П.А. Бехта. – Оубл. 16.02.2004.
20. Пат. 40351 А Україна. Пристрій для подрібнення відходів / І.О. Мікульонюк. – Оубл. 17.07.2006.
21. Пат. 45069 А Україна. Спосіб отримання паливних брикетів з деревини / Р.Б. Гевко, Р.І.Розум. – Оубл. 26.10.2009.
22. <http://www.istra-lumber.ru/ua/site/briquettes/>.
23. Пат. 66232 Россия. Устройство для сушки и измельчения опилок / П.П. Слипченко. – Оубл. 10.09.2007.
24. Пат. 77561 Россия. Устройство для сушки и измельчения опилок / П.П. Слипченко. – Оубл. 27.10.2008.
25. Пат. 78442 Россия. Устройство для сушки и измельчения опилок / П.П. Слипченко. – Оубл. 27.11.2008.
26. <http://www.zorg.ua/print.php?id=68>
27. <http://www.korrdon.info>
28. <http://www.bioresurs.com.ua/>