

Висновки

Таким чином, отримано аналітичну функцію, що описує з достатнім ступенем точності температуру сировини в ФЄ в залежності від тривалості сушіння, координати та температури сушильного агента в процесі ЗТП-сушіння.

Роботу виконано в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи №06-11-13Б «Наукові обґрунтування енергоефективних процесів харчової промисловості».

Список літератури: 1. Установка для гидротермической обработки та сушіння крупи [Текст] : пат. №48230 Україна, МПК А 23 L 3/00. / Черевко О.І., Погожих М.І., Цуркан М.М., Жеребкін М.В., Пак А.О.; заявник та патентовласник ХДУХТ. – Опубл. 10.03.2010 Бюл. №5 – 4 с.2. *Погожих, Н. И.* Научные основы теории и техники пищевого сырья в массообменных модулях [Текст] : дис. ... доктора техн. наук / Н. И. Погожих. – Харьков, 2002. – 331 с.3. *Лыков, А. В.* Теория сушки [Текст] / А. В. Лыков. – М. : «Энергия», 1968. – 472 с.

Поступила в редколлегию 17.09.2011

УДК 534.29:66.084

Л.І. ШЕВЧУК, канд. техн. наук, доц., НУ «Львівська політехніка», Львів
І.С. АФТАНАЗІВ, докт. техн. наук, проф., НУ «Львівська політехніка»
О.І. СТРОГАН, здоб., НУ «Львівська політехніка», Львів

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ ВОДИ ПНЕВМО-МАГНІТНОЮ КАВІТАЦІЙНОЮ ОБРОБКОЮ

Приведено опис нового методу пневмо-магнітної кавітаційної обробки води та рідин і реалізуючого його обладнання. Завдяки сумарному потужному енергетичному впливу на оброблюване середовище магнітного та кавітаційного полів метод забезпечує ефективну активацію води, знезараження її біологічного забруднення. Метод передбачає обробку води та водних субстанцій у неперервному режимі із високою продуктивністю.

Ключові слова: вода, кавітація, обробка, активація, знезараження

Приведено описание нового метода пневмо-магнитной кавитационной обработки воды и жидкостей и реализующего его оборудования. Благодаря суммарному мощному энергетическому воздействию на обрабатываемую среду магнитного и кавитационного полей метод обеспечивает эффективную активацию воды, обеззараживание ее биологического загрязнения. Метод предусматривает обработку воды и водных субстанций в непрерывном режиме с высокой производительностью.

Ключевые слова: вода, кавитация, обработка, активация, обеззараживание

Description of a new method of air-magnetic treatment of water and cavitation of liquids and realizing its equipment. With strong total energy impact on the treated medium and magnetic fields cavitation method provides an efficient activation of water, disinfection of biological contamination. The method involves water treatment and water substances in a continuous mode with high efficiency.

Keywords: water, cavitation, processing, activation, decontamination

Вступ

Урбанізація сучасного суспільства та неодмінно супутній їй стрімкий розвиток переробних та виробничих галузей не могли негативно не відобразитись на оточуючому людство довкіллі, в тому числі першочергово на

якості повітря та води. І хоч негативний вплив погіршення якості води та повітря на здоров'я людей менш відчутний в часі за смертоносний вплив радіації чи миттєву загрозу життю людей такими природними катаклізмами, як потужні землетруси, цунамі чи тайфуни, та згубні для здоров'я теперішніх та майбутніх поколінь наслідки не менш вагомі. Через наростаючі обсяги споживання людством води, як для виробничих, так і для побутових потреб, природні запаси чистої води невпинно зменшуються, наближаючи час, коли брак придатної до споживання води постане ваговою екологічною проблемою всього людства.

Постановка проблеми

Для очищення та знезараження води на промислових підприємствах та для її використання в побуті застосовують різноманітні фізичні, хімічні та комплексні методи. Не зважаючи на доволі значний перелік фізико-хімічних методів очищення води від різноманітних забруднень досконалого, універсального і придатного для широкої розмаїтої гами можливих забруднень все ще не існує. Особливою мірою це стосується біологічного забруднення води, оскільки шкідливі мікрофлорі, як правило, притаманна репродуктивна здатність, до того ж швидкоплинна в часі.

У загальному, всі фізико-механічні впливи на воду з метою покращення її властивостей зводяться до, так званого явища «активації» води, яке супроводжується, як правило, зміною її структури, підвищенням розчинної здатності та зумовленої цим спроможності до ініціювання хімічних реакцій, перш за все окиснювальних. Фізична суть активації води, незалежно від способу активації, полягає в руйнуванні кластерних структур для насичення води мономолекулами. Адже у переважаючій більшості, вода – це асоційована рідина, у якій молекули об'єднані в групи, схожі на аморфні кристали, що називаються кластерами, і окремих молекул води тут практично немає. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність [4].

Аналіз останніх досліджень

Із поміж різноманітних методів фізичних впливів на процеси водопідготовки та водоочищення широкого застосування набули методи кавітаційної обробки води, в основу яких покладено ультразвукове [1] та гідродинамічне [2,3] збурення кавітації в рідинах. Поєднуючи доволі високі ступені хімічного очищення та біологічного знезараження завдяки ініціюванню та активації окисних реакцій у збуреному в рідинах кавітаційному полі ці методи, поряд з тим, не піддають оброблювані рідини надмірно потужним високоенергетичним впливам, не передбачають потреби у спеціальних підготівельних та заключних операціях, крім очищення рідин від механічних домішок, можуть органічно поєднуватись із подачею в зону кавітації додаткових газових активаторів та каталізаторів тощо. Однак і цим методам притаманні певні недоліки, зокрема дискретність обробки, незначна продуктивність та висока енергоємність для ультразвукового методу, недостатні ступінь очищення та рівномірності обробки для гідродинамічного методу тощо.

Із інших відомих супутніх методів активації води найбільш зручним і простим в реалізації є вплив на воду магнітним полем [5]. Суть методу полягає в тому, що при русі води в зоні великих градієнтів напруженості магнітного поля

відбувається руйнування міжмолекулярних зв'язків в кластерних структурах у наслідок чого утворюються вільні молекули води. При цьому, ефект Холла пояснює той факт, що вплив магнітного поля на структуру води можливий тільки при наявності відносного переміщення водяної субстанції через градієнт напруженості магнітного поля. В однорідному магнітному полі (коли магнітні силові лінії паралельні), тобто при проходженні потоку води крізь рівномірне магнітне поле, взаємодія відсутня і позитивного ефекту не спостерігається. Більше того, необхідні саме значні градієнти напруженості чи індукції магнітного поля, а ефект взаємодії наростає зі збільшенням кількості окремих ділянок із впливом магнітного поля на рухому воду.

Із вище наведеного слідує, що пошуки новітніх технологій водопідготовки, спрямовані на створення нових більш досконалих із позицій забезпечення високої якості технологій водоочищення за умови їх придатності для промислового застосування, все ще залишаються вагомим як технічним завданням, так і суспільною проблемою. І доволі перспективним та доречним тут видається намір поєднати переваги окремих методів у новостворений більш досконалий.

Метою даного дослідження є створення нового ефективного методу магніто-кавітаційної активуючої обробки води при пневматичному збуренні кавітації, дослідження особливостей його застосування для водоочищення та знезараження біологічного забруднення, розробка конструктивних та технологічних схем його промислового використання.

Об'єктом дослідження були технологічні схеми та операції водопідготовки та водоочищення, механізми впливу магнітних і кавітаційних явищ та різноманітних газів на патогенну флору в газорідних розчинах.

Предметом дослідження – промислове та дослідне обладнання для збурення кавітації в рідинах, гідродинаміка в умовах кавітаційного перемішування, кінетичні закономірності енергетичного впливу на знезараження мікроорганізмів в умовах спільної дії кавітації та магнітного поля.

Методики дослідження – мікробіологічні методи визначення концентрації мікроорганізмів у водних розчинах, рН-метрія для визначення рН води та водних розчинів, швидкісна відеозйомка для дослідження динаміки кавітаційних процесів тощо.

Запропонований авторами метод активації води пневмо-магнітною кавітаційною обробкою органічно поєднує в собі позитивні впливи на оброблювану воду чи водні субстанції магнітного та кавітаційного полів із перевагами простоти та надійності реалізуючого його обладнання завдяки пневматичному збуренню кавітаційних явищ в оброблюваному середовищі.

Виклад основного матеріалу

Суть методу магніто-кавітаційної активуючої обробки води проілюстровано на рис.1, де відображено схему реалізуючого його кавітатора, на рис.2 приведено поперечний переріз А-А (рис.1) кавітатора із відображенням силових ліній магнітного поля, на рис.3 – електричну схему підключення обмоток котушок електромагнітів кавітатора.

До складу обладнання для магніто-кавітаційної активуючої обробки води входять трубопровід 1 подачі оброблюваної води, корпус кавітатора 2,

пневмопровід 3 подачі стиснутого повітря із пневмоелектрозолотником 4, який закінчується в середині кавітатора сферичною насадкою 5 із отворами-форсунками для проникання у воду пульсуючого повітря чи газу (рис.1). Поряд із насадкою 5 в корпусі кавітатора 2 за напрямом перетікання оброблюваної води встановлено виготовлену із магнітопроникного матеріалу вставку 6, яку охоплюють чотири рівномірно розташовані по колу і попарно електрично з'єднані між собою в двох взаємно перпендикулярних площинах електромагніти 7 із обмотками котушок 8 (рис.2). Сердечники електромагнітів при проходженні по обмотках котушок струму формують магнітне поле із силовими магнітними лініями 9. В електричну схему живлення обмоток 8 включено генератор змінного струму 12 для регулювання частоти перемінного магнітного поля та блок живлення 13 (рис.3). За електромагнітами в корпусі кавітатора 2 розміщено відвідний патрубок 10 для виходу в атмосферу відпрацьованого повітря та трубопровід 11 для відводу в накопичувальні ємності обробленої води.

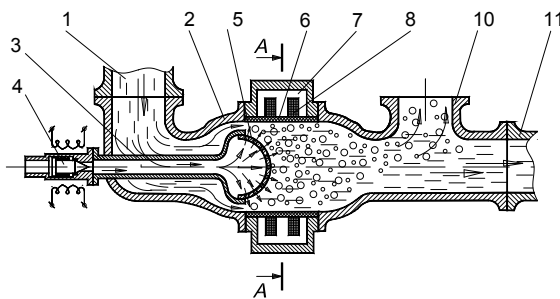


Рис. 1. Кавітатор для пневмо-магнітної активуючої обробки води

Належну до активуючої обробки воду із резервуару (чи відкритої водойми) помпою по трубопроводу подачі 1 подають в корпус кавітатора 2. Одночасно із балона пневмопроводом 3 в кавітатор подають пульсуючий струмінь стиснутого повітря під тиском, що не менш, ніж вдвічі перевищує тиск води в кавітаторі, наприклад, понад 1 МПа.

Пульсацію повітря із частотою, кратною частоті власних коливань завжди наявних в рідині ядер кавітації, тобто 22 -- 50 Гц, забезпечують вмонтованим в пневмопровід 3 подачі повітря пневмоелектрозолотником 4. Проходячи крізь отвори-форсунки сферичної насадки 5, якою в кавітаторі 2 закінчується пневмопровід пульсуючої подачі повітря 3, повітряний пульсуючий струмінь розсіюється на велику кількість окремих струминок, утворюючи газорідинну суміш. Поверхневий натяг води формує із цих струминок газові бульбашки, які постають джерелами зародків кавітаційних каверн, сплескування котрих супроводжується формуванням імпульсної ударної сферичної хвилі. Подачею повітря чи газу, що під тиском подається в рідину (у даному випадку, в оброблювану воду) в робочу зону кавітатора, з пульсацією, частота якої кратна частоті власних коливань наявних в рідині ядер кавітації, підвищується інтенсивність кавітаційного поля. Це відбувається завдяки тому, що співпадіння частоти власних коливань ядер кавітації із частотою пульсацій газу збуджує явище резонансу, яке супроводжується миттєвим зародженням, розширенням та подальшим сплескуванням кавітаційних бульбашок і, крім того, додатковими джерелами зародків кавітаційних бульбашок тут постають проникаючі в рідину у великій кількості струминки пульсуючого стиснутого газу. Як наслідок, вивільнена при сплескуванні кавітаційних бульбашок енергія, з одного боку, насичення оброблюваної рідини газом, з іншого, нашаровуючись між собою, в кінцевому приводять до зменшення енергії міжмолекулярних (водневих) зв'язків

у структурі води, створюючи сприятливі передумови для її переструктуризації від кластерної молекулярної будови до мономолекулярної.

Одночасно із подачею в зону обробки води та пульсуючого повітря на обмотки 8 котушок електромагнітів подають змінну напругу, яка сердечниками електромагнітів 7 трансформується у перемінне магнітне поле. Завдяки тому, що діаметрально протилежні електромагніти попарно електрично з'єднані між собою (рис.3), в перший півперіод змінної напруги магнітне поле із замкнутими силовими лініями 9 (рис.2) формує одна пара електромагнітів, а в другий півперіод – інша пара електромагнітів.

Перемінне магнітне поле, пронизуючи неперервний потік оброблюваної води, призводить до змін в електронній структурі її молекул, які проявляються у гальмуванні протонів у поперечному магнітному полі, що й зумовлює послаблення водневих зв'язків між молекулами води, причому, протон, об'єднуючись з гідроксильною групою OH^- , утворює молекулу води з іншим енергетичним станом в магнітному полі, ніж без поля. Механізм руйнування міжмолекулярних зв'язків обумовлений короточасним перетворенням молекул води при їхньому русі в зоні великих градієнтів магнітних полів зі стану «правова» у «ортовода», тобто змінами напрямку спинів атомів водню у молекулі води, що призводить до розриву зв'язків у структурі кластерів.

При цьому, завдяки потужному енергетичному впливу на воду, зумовленому одночасній дії на неї в зоні обробки магнітного та кавітаційного полів, формується нова її структура, в якій міститься переважна більшість молекул у вільному (незв'язаному) стані, тобто мономолекул. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність.

У подальшому через відвідний патрубок 10 відпрацьоване повітря виділяється з обробленої води в атмосферу, а активована вода по трубопроводу 11 подається для цільового її використання чи у накопичувальні ємності.

Зміною частоти пульсацій та тиску стиснутого повітря, що подається в робочу зону кавітатора, регулюють інтенсивність самоутворення зародків кавітації, що надає можливість регулювання в конкретних часових проміжках кількості кавітаційних бульбашок в одиниці об'єму газорідної суміші, а отже, і

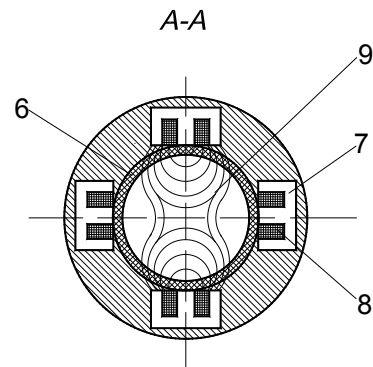


Рис.2. Поперечний переріз кавітатора із відображенням силових ліній магнітного поля

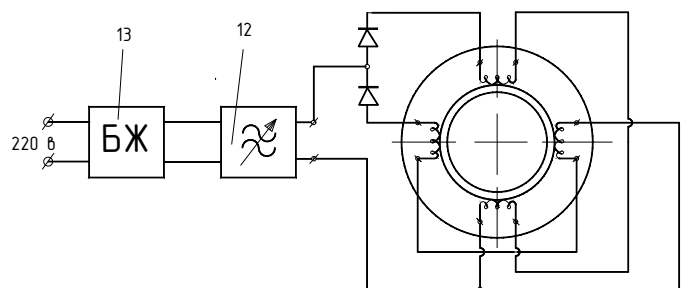


Рис.3. Електрична схема підключення обмоток котушок кавітатора

інтенсивності впливу на структуру кластерів оброблюваної води. Зміною величини струму, що подається на обмотки 8 котушок електромагнітів, регулюють градієнт напруженості пронизуючого неперервний потік оброблюваної води магнітного поля, чим забезпечують регулювання впливу на водневі зв'язки молекул води та інтенсивність формування її нової структури з мономолекулярним станом. Цим забезпечується регулювання якості вихідного готового продукту, тобто ступеня активації обробленої води і, відповідно, її властивостей як реагента хімічних реакцій та окисних процесів.

Будучи переведеною із суцільного ламінарного потоку в зоні обробки у стан газорідинної суміші, піддавшись почергово потужним енергетичним впливам спершу кавітаційного, а потім магнітного полів, пройшовши у наслідок цього переструктуризацію від кластерної молекулярної будови до мономолекулярної, оброблена вода набуває тут нових властивостей. Її молекули стають квазістабільними, що призводить до зниження енергії зв'язків між молекулами води. Внаслідок цього оброблену даним методом воду можна розглядати, як дещо інший, ніж звичайна вода розчинник, хоча і з близькими фізико-хімічними властивостями. За здатністю до дисоціації вона наближається до апротонних розчинників. Такі зміни зумовлюють її подальший вплив на ті фізико-хімічні процеси, кінетика яких залежить від міцності водневих зв'язків води як розчинника та здатності до дисоціації як реагенту. Так, за даними роботи [4], аналіз констант рівняння Арреніуса для реакції окиснення метанолу показав, що після попередньої дії кавітаційного та магнітного полів на воду в розчині, приготовленому на основі цієї води, збільшується число ступенів вільності молекул реагентів. На думку авторів, це є свідченням збільшення рухливості молекул води як розчинника, а отже, і послаблення енергії водневих зв'язків між ними. Підтвердженням цієї гіпотези автори вважають і дані їх досліджень перенапруги розкладу води, в яких було констатовано зменшення реальної енергії активації електролітичного виділення водню з водних розчинів кислот після їх магнітної обробки [4].

Особливих переваг метод магніто-кавітаційної активуючої обробки набуває при його використанні для обробки рідинних субстанцій на основі води у середовищі газів. Із цього приводу проф. Вітенько Т.М. в роботі [3] відзначає: «Інтенсифікуюча дія газорідинного ефекту досягається розчиненням газу при вдуванні його у киплячу рідину в невеликих кількостях (0,2-0,7)», і далі «Різні методи обробки рідкого середовища з метою їх активації,.... приводять до одного і того ж результату – збільшення електропровідності, діелектричної сталої і, головне – зростання рН середовища без внесення лугу ззовні.» Це відкриває широкі перспективи для застосування магніто-кавітаційної активуючої обробки не тільки для обробки води як апротонного розчинника, а що не менш вагомо, для її біологічного знезараження. Різновид робочого газу тут, як правило, обирають залежно від характеру забруднення рідини і технологічних вимог на ступінь її очищення. Так для знезараження води від бактерій різновиду *Pseudomona* достатнє застосовування вуглекислого газу CO_2 , а від бактерій *Sarcina* - доречно застосовувати інертний газ аргон Ar . Ступінь очищення води в цих випадках сягає 75-80%. Найкращого результату (до 90%) очищення води від

дріжджів *Saccharomyces* із використанням запропонованого кавітатора досягається при використанні озону O_3 . Аналогічно підходить до вибору різновиду газу і при використанні даного кавітатора для ініціювання та активації окисних реакцій в технологічних процесах очищення рідин та інших процесах.

Запропонований метод магніто-кавітаційної активуючої обробки завдяки застосуванню для його реалізації пульсуючого газу, що під тиском подається в робочу зону кавітатора, та сумарному енергетичному впливу на оброблюване середовище магнітного і кавітаційного полів надає ряд техніко-економічних та технологічних переваг. Зокрема:

1. Можливість широкого діапазону регулювання інтенсивності самоутворення зародків кавітаційних бульбашок зміною частоти пульсацій та тиску стиснутого газу, що подається в робочу зону кавітатора. Це надає можливість регулювання в конкретних часових проміжках кількості кавітаційних бульбашок в одиниці об'єму газорідинної суміші, а отже, і інтенсивності окисних реакцій чи очисних процесів та зумовленої цим якості вихідного готового продукту.

2. Спроможність регулювання інтенсивності та ефективності окисних реакцій в робочій зоні кавітатора завдяки можливості підбору найефективнішого для конкретних інгредієнтів окисних реакцій певного різновиду збурюючого кавітацію газу.

3. Довговічність та висока надійність реалізуючого даний метод обладнання завдяки відсутності у приводі обертового руху збурюючих кавітацію лопатей, рухомих та обертових вузлів і деталей.

4. Незначна собівартість реалізації завдяки можливості рекомбінації збурюючого кавітацію газу та замкнутості технологічного циклу його багаторазового використання. Через відсутність тут енерговитратного електромагнітного перетворюючого обладнання, яке використовують при реалізації ультразвукових методів, чи енергоспоживаючих двигунів і редукторів, притаманних методам гідродинамічної кавітації, запропонований метод значно енергоощадніший, а отже, і економічніший.

Висновки

Таким чином, основними перевагами магніто-кавітаційної активуючої обробки рідин, у тому числі активуючої обробки води та її біологічного знезараження, порівняно із відомим, є:

- висока продуктивність, придатність для обробки значних обсягів рідин та енергоощадність порівняно із ультразвуковою кавітаційною обробкою;

- простота реалізації та висока надійність обладнання порівняно із різноманітними методами гідродинамічного збурення кавітації завдяки відсутності у приводі обертового руху збурюючих кавітацію лопатей, обертових та рухомих механізмів;

- незначна собівартість реалізації технологій із використанням запропонованого кавітатора завдяки можливості рекомбінації збурюючого кавітацію газу та замкнутості технологічного циклу його багаторазового використання.

Відзначені переваги відкривають перспективи для широкого промислового застосування магніто-кавітаційної активуючої обробки води не тільки від біологічного забруднення, а і від інших забруднювачів, що піддаються знешкодженню окисними процесами. При цьому, подальші дослідження даного методу доречно скерувати в руслі вивчення кінетики формування кавітаційного поля підвищеної інтенсивності, аналізу превалюючого впливу на знезараження води технологічних параметрів процесу (тиску та частоти пульсацій газу, частоти пульсацій та градієнтів напруженості магнітного поля, величини напору та швидкості подачі забрудненої води тощо), підборі для конкретного різновиду біологічного забруднення оптимального за ефективністю знешкоджуючого середовища та газу.

Список літератури: 1. *Маргулис М.А.* Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях). – М., Высш. шк., 1984. – 272 с., ил. 2. *Вітенько Т.М.* Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія / Т.М. Вітенько. – Тернопіль, в-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 224с. 3. *Вітенько Т.М.* Механізм та кінетичні закономірності інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у хіміко-технологічних процесах. Дис. на здоб. наук. ступ. док. техн. наук, -- Львів, 2010. 4. *Сілін Р.І., Баран Б.А., Гордєєв А.І.* Властивості води та сучасні способи її очищення: монографія – Хмельницький: ХНУ 2009. -254 с. 5. Промислова власність. Офіційний бюлетень 2001р. №4. Патент UA№37414 А Пристрій для обробки водних розчинів магнітним полем /Баран Б.А., Дроздовський В.Б. Опубл. 15.05.2001. 6C02F1/48.

Поступила в редколлегию 12.10.2011

УДК 504.064.43/658.567

А. М. КОВАЛЕНКО, канд. пед. наук, доц., ректор Харківського інституту екології і соціального захисту

КОМПЛЕКС СОРТИРОВКИ И ПРЕССОВАНИЯ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Разработаны рекомендации по созданию мусоросортировочного комплекса на территории Дергачёвского полигона (Харьковская область). Представлены технологическая структурная схема первичной сортировки твёрдых бытовых отходов и расчёт основного оборудования. Осуществлён маркетинговый анализ рынка вторичных ресурсов, проведён расчёт рентабельности и срока окупаемости мусоросортировочного комплекса. Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы, мусоросортировочный комплекс, прессование, рентабельность, окупаемость.

Розроблено рекомендації по створенню сміттесортувального комплексу на території Дергачівського полігону (Харківська область). Подано технологічну структурну схему первинного сортування твердих побутових відходів і розрахунок основного устаткування. Здійснено маркетинговий аналіз ринку вторинних ресурсів, проведено розрахунок рентабельності і терміну окупності сміттесортувального комплексу. Ключові слова: тверді побутові відходи, сміттєзбиральний комплекс, пресування, рентабельність, окупність.

The recommendations at creating rubbish-sorting complex on Dergachi area (Kharkiv region) are worked out. Technological structural scheme of initial stable everyday life's remains is represented together with main equipment's calculations. The marketing analysis of secondary resources is