

Винахід стосується процесу виготовлення сірковмісних амонійфосфатних добрив.

Крім того, винахід стосується таких сірковмісних добрив амонійфосфатного типу, як сірковмісний діамонійфосфат (S-DAP), сірковмісний моноамонійфосфат (S-MAP) і сірковмісні азот-фосфор-калієві сполуки на основі фосфату амонію

Винахід стосується також використання цих сірковмісних добрив, особливо, для вирощування сільськогосподарських продуктів на ґрунті з дефіцитом сірки.

Крім того, винахід стосується сільськогосподарських продуктів, вирощених на ґрунті, і особливо на ґрунті з дефіцитом сірки, який був оброблений сірковмісними добривами за даним винаходом.

На сьогоднішній день проведено безліч робіт, присвячених виготовленню сірковмісних мінеральних добрив. Зростаючий в усьому світі попит на сірковмісні мінеральні добрива виник внаслідок виявлення того факту, що низька врожайність сільськогосподарських культур у деяких випадках може пов'язуватися з дефіцитом сірки в ґрунті. Прикладом культур з високими потребами в сірці є канола (Canola). Канола є важливою товарною культурою, вирощуваною в провінції Альберта Канади і має високу потребу в сірці на всіх стадіях росту. Нестача сірки може викликати серйозні зниження врожайності цієї культури.

Процеси виготовлення сірковмісних мінеральних добрив амонійфосфатного типу часто залучають використання або включення сульфатів, див., наприклад, патенти США №№4,377,406 і 4,762,546. Недоліком сульфатів є те, що вони в ґрунті є дуже рухомими і легко вилугуюються. Проте, в елементарному стані сірка не вилугується з ґрунту, як сульфати. Отже, цілком очевидно, що більш вигідно було б використовувати сірку в елементарному стані. Крім того, елементарна сірка дає ряд інших переваг у мінеральних добривах: вона діє як фунгіцид на деякі мікроорганізми, як пестицид - на деякі ґрунти і деяких шкідників рослин, вона сприяє розкладанню залишків рослин і поліпшує споживання фосфору й азоту, а також знижує рН лужних і вапнякових ґрунтів.

Отже, сірку в сірковмісні добрива бажано вводити в елементарному стані.

Процеси виготовлення сірковмісних добрив, де використовується елементарна сірка, є відомими фахівцям у даній галузі. У більшості з них здійснювалося включення розплавленої сірки в добриво.

У патенті США №5,6536,782 описаний процес виготовлення сірковмісних добрив, де субстрат, що містив частки добрива, нагрівали до температури вище точки плавлення сірки і змішували з сіркою. У відповідності з цим патентом сірку розплавляли теплом, що постачалося попередньо нагрітими частками добрива. Це дозволяло отримувати частки добрива, рівномірно покриті сіркою.

У патенті США №3,333,939 описаний процес покриття гранул фосфату амонію розплавленою сіркою. У відповідності з цим процесом зазначені гранули покривали в окремому пристрої, в який постачалася сірка. При цьому гранули добрива приводили в контакт з розплавленою сіркою або з розчином полісульфіду амонію. Після цього покриті гранули висушували. У патенті США №3,333,939 описаний також альтернативний процес виготовлення сірковмісних часток добрив, де сірку розподіляли в самих частках. У цьому процесі використовували реакцію амонію з фосфорною кислотою, в результаті якої утворювався фосфат амонію. Утворений таким чином фосфат амонію постачався в гранулятор, у якому він змішувався із сечовиною і сухою сіркою. Отримані гранули сушили в сушарці. Недоліком першого із процесів патенту №3,333,939 було те, що створене покриття перешкоджало рівномірному розподілу сульфату амонію і сірки в ґрунті. Недоліком другого з цих процесів було те, що він потребував проведення операцій обробки твердої сірки. При цьому, враховуючи те, що операції розвантажування, завантажування, роздільовання і т.д. є дуже небезпечними для оточення через утворення внаслідок їх проведення сіркового пилу і його вибухонебезпечність, він не був задовільним з боку техніки безпеки. Як зазначалося в огляді [Rothbaum HP. et al., New Zealand Journal of Science, 1980, vol. 23, 377], роботи, що супроводжуються утворенням сіркового пилу, завжди є вибухонебезпечними через займистість цього матеріалу. Таким чином, для задоволення вимог, що стосуються техніки безпеки, потребувався більш складний процес виготовлення таких добрив.

У патенті США №5,571,303 описаний процес виготовлення добрив, у якому спочатку аміак, воду і фосфорну кислоту вводили у взаємодію з утворенням фосфату амонію. Після цього суміш фосфату амонію з водою змішували з розплавленою сіркою. Утворену таким чином суміш витримували при температурі в діапазоні 120-150°C доти, поки вона не перетворювалася на гранули. Недоліком цього процесу було те, що через попереднє утворення фосфату амонію він потребував багато води для підтримання його розчиненого стану, а в разі використання порівняно малих кількостей води утворювався твердий фосфат амонію. Справа в тому, що твердий фосфат амонію може перешкоджати гомогенному розподілу сірки в гранулах.

Отже оскільки проблеми, пов'язані з виготовленням добрив типу сірковмісного фосфату амонію продовжують існувати, нагальною є потреба у створенні процесу виготовлення цих добрив, який би дозволяв зменшити або навіть повністю усунути зазначені проблеми, з якими стикається дана галузь.

Авторами даного винаходу було знайдено, що процес виготовлення сірковмісних мінеральних добрив, де сірку вводять у рідкій фазі, що містить елементарну сірку, має ряд переваг над відомими процесами такого типу в тому, що стосується аспектів безпеки і керування процесом.

Процес згідно з винаходом дає виробникові мінеральних добрив можливість рівномірно розподіляти сірку в кінцевому продукті, підсилюючи цим перетворення останнього в ґрунті у споживну рослинами форму - сульфати. Вироблені таким чином добрива дозволяють постачати сульфати потрібній культурі у більш надійний і відповідний практичним потребам спосіб.

Даним винаходом пропонується процес виготовлення сірковмісних добрив, який включає у себе стадії:

(а) змішування аміаку, фосфорної кислоти і води в реакторі і одержання в результаті цього суміші фосфату амонію;

(б) введення суміші, одержаної на стадії (а), в гранулятор для утворення гранул, де рідку фазу, що містить елементарну сірку, приводять у контакт з аміаком, фосфорною кислотою і водою в реакторі на стадії (а) або вводять у гранулятор на стадії (б).

На стадії (а) процесу згідно з даним винаходом аміак, фосфорну кислоту і воду приводять у контакт між собою в реакторі, одержуючи в результаті суміш сульфату амонію. Фосфорну кислоту, звичайно,

приготовляють за допомогою реакції сірчаної кислоти з фосфатом або використовують продажну фосфорну кислоту. Підходящими для цього фосфорними кислотами є, наприклад, ортофосфорна кислота, пірофосфорна кислота, а також їх суміші. Для того, щоб запобігти введенню надмірної кількості технологічної води, аміак бажано вводити у формі концентрованого водного розчину або безводного газоподібного аміаку. Потреба у використанні якомога меншої кількості води в суміші зумовлена тим, що в разі потрапляння в добриво надмірної кількості води вона спричиняє в ході виконання процесу чимало клопоту так, що її доводиться позбавлятися на більш пізніх стадіях. Отже, будь-які додатки води у процесі виготовлення добрива, призводять до ускладнення цього процесу. Вміст води в суміші фосфату амонію бажано підтримувати на якомога нижчому рівні в межах, приблизно, від 10 до 20%(мас.) від загальної маси суміші, а в кращому варіанті - в межах від 12 до 15%(мас.) від загальної маси суміші.

Кількості аміаку і фосфорної кислоти вибирають із розрахунку на отримання потрібних продуктів. Так, для виготовлення S-MAP молярне співвідношення між аміаком і фосфорною кислотою, зазвичай, вибирають у межах приблизно 0,5-1,0, для виготовлення S-DAP молярне співвідношення між аміаком і фосфорною кислотою, зазвичай, вибирають у межах приблизно 1,2-2,0, а для виготовлення S-NPK молярне співвідношення між аміаком і фосфорною кислотою, зазвичай, вибирають у межах приблизно 0,7-1,7. Кращі величини молярного співвідношення аміак : фосфорна кислота, звичайно, лежать у межах 0,6-0,8 для виготовлення S-MAP, 1,3-1,8 для виготовлення S-DAP і 1,0-1,5 для виготовлення S-NPK. Ще кращі величини молярного співвідношення аміак : фосфорна кислота складають, приблизно, 0,7 для виготовлення S-MAP, 1,5 для виготовлення S-DAP і 1,3 для виготовлення S-NPK. Змішування, як правило, проводять при атмосферному тиску і температурі в межах, приблизно, від 100°C до 130°C. Для регулювання температури суміші в реактор, звичайно, додають воду або сірчану кислоту. При цьому воду додають, коли температуру суміші потрібно знизити, а сірчану кислоту - коли температуру суміші потрібно підвищити.

В одному з варіантів здійснення процесу за даним винаходом рідку фазу, що містить елементарну сірку, на стадії (а) приводять у контакт в реакторі з аміаком, фосфорною кислотою і водою. При цьому для одержання суміші фосфату амонію в реактор вводять аміак, фосфорну кислоту, воду і суспензію сірки з диспергованою в ній сіркою; далі цю суміш завантажують у гранулятор, де з неї утворюються гранули. В іншому варіанті здійснення процесу за даним винаходом готують амонійфосфатну суміш шляхом введення в реактор аміаку, фосфорної кислоти і води; далі цю суміш поміщають у гранулятор, де з неї утворюються гранули, у той час як на стадії (b) до гранулятора вводять також рідку фазу, що містить елементарну сірку.

У кращому варіанті здійснення процесу за даним винаходом елементарну сірку вводять у реактор на стадії (а) практично водночас з іншими реагентами. Було виявлено, що опір гранул роздавлюванню може бути підвищений, якщо сірку додавати в реактор на стадії (а).

У кращому варіанті цього процесу елементарну сірку вводять у формі суспензії частинок сірки у воді. Звичайно, частинки сірки перебувають у суспензії в диспергованому або суспендованому стані. При цьому розміри частинок сірки лежать у межах, приблизно, від 0,5 до 150мкм, краще - в межах, приблизно, від 1,0 до 100мкм. Для уникнення необхідності видаляти надлишок води на пізніх стадіях процесу вміст води в суспензії сірки, звичайно, підтримують на якомога нижчому рівні, який у кращому варіанті лежить у межах, приблизно, від 10 до 40%(мас), а краще - в межах від 15 до 30%(мас.) від загальної маси суспензії. У тому випадку, коли частинки сірки є в суспензії в суспендованому стані, суспензію перед тим, як її використовувати в даному процесі, бажано перемішати у відповідному пристрої для її гомогенізації. У кращому варіанті суспензія сірки містить частинки сірки в диспергованому стані у воді. Суспензія цього типу, яка у подальшому зветься суспензією диспергової або емульсіфікованої сірки, містить дисперговані у воді частинки сірки, які в кращому варіанті мають мікронні розміри. При цьому підтримувати частинки сірки в диспергованому стані вигідно шляхом додавання підходящого емульсіфікатора. Застосовувати для цього можна будь-який підходящий емульсіфікатор, відомий у даній галузі. Перевага використання диспергованих частинок сірки полягає в тому, що при цьому зводиться до мінімуму осадження цих частинок, а сірка розподіляється у воді більш гомогенно. Отже, це дозволяє зменшити необхідність перемішування суспензії сірки перед введенням її в реактор. Звичайно, така суспензія вводиться шляхом закачування її в реактор із резервуара суспензії сірки.

В іншому кращому варіанті процесу за даним винаходом елементарну сірку вводять у реактор на стадії (а) в розплавленому стані. Розплавлену сірку можна отримати із твердої сірки шляхом розплавлення її у відповідному пристрої, наприклад, у трубному плавильному апараті.

Використання розплавленої сірки є вигідним, коли сірку отримують у розплавленому стані безпосередньо від промислового процесу. Промислові процеси з видалення небажаних сірчаних компонентів із природного газу, звичайно, продукують сірку в розплавленому стані, так що використання такої розплавленої сірки безпосередньо в процесі виготовлення добрива за даним винаходом дозволяє уникнути необхідності у додаткових стадіях, таких як сушка і роздрібнювання сірки, для приготування суспензії сірки. Крім того, при використанні розплавленої сірки у процес виготовлення добрива не вводиться додаткова вода. При додаванні елементарної сірки в розплавленому стані температуру сірковмісної суміші бажано підтримувати на рівні вище точки плавлення сірки, тобто в межах, приблизно, від 115°C до 121°C.

В особливо кращому варіанті здійснення процесу за даним винаходом використовують елементарну сірку, вироблену біологічним шляхом. Під виробленою біологічним шляхом елементарною сіркою тут мається на увазі сірка, отримана від процесу, в якому сірковмісні компоненти, такі як сульфіді та H_2S , перетворюються на елементарну сірку біологічним шляхом. Таке біологічне перетворювання може ефективно здійснюватися за допомогою сульфідокисних бактерій. Підходящими для цього сульфідокисними бактеріями можуть бути, наприклад, автотрофні аеробні культури родів *Thiobacillus* і *Thiomicrospira*. Процесом біологічного перетворювання, підходящим для біологічного вироблення елементарної сірки, що призначається для застосування у процесі за даним винаходом, є, наприклад, процес видалення сірчаних сполук сірки із газів, в якому газ промивають водною промивною рідиною, а вихідну промивну рідину піддають обробці сульфідокисними бактеріями, як описано в WO 92/10270. Біологічно вироблена елементарна сірка має гідрофільну природу, що робить її особливо підходящою для застосування в сільському господарстві як

мінеральне добриво завдяки відносній легкості, з якою біологічно вироблена сірка поглинається ґрунтом. Крім того, перевагою виробленою біологічним шляхом елементарної сірки є значно знижений ефект забивання і блокування технологічного устаткування і навіть уникнення цих неприємних явищ завдяки гідрофільній природі такого продукту сірки.

Реактором на стадії (а) може служити будь-який пристрій, який дозволяє проводити в ньому реакцію аміаку, фосфорної кислоти і води з одержанням амоній-фосфатної суміші. Це може бути, наприклад, трубчастий перехресний реактор або попередній нейтралізатор. Попередній нейтралізатор містить реакторний бак з обладнанням для перемішування і відповідними пристроями входу і виходу. У кращому варіанті рідку фазу, що містить елементарну сірку, вводять на стадії (а), де використовується попередній нейтралізатор. У попередньому нейтралізаторі сировинні компоненти змішуються за допомогою мішального пристрою, а аміак звичайно вводять у газоподібному стані. Застосування попереднього нейтралізатора при введенні елементарної сірки на стадії (а) дозволяє, з очевидністю, завдяки більш ефективному перемішуванню використовувати більші кількості сірки, не наражаючись на небезпеку виникнення таких, звичайних для подібних процесів проблем, як закупорювання. Перевагою застосування попереднього нейтралізатора на стадії (а) є також те, що сірковмісні гранули, що отримують після стадії (б), є більш міцними, що підтверджується їхнім більш високим опором роздавлюванню, навіть за більших кількостей сірки в гранулі. При застосуванні трубчастого перехресного реактора через нього перепускають рідку фазу, що містить одночасно елементарну сірку, воду і фосфорну кислоту.

Внаслідок проведення стадії (а) отримують суміш, що містить фосфат амонію, воду і, в разі потреби, елементарну сірку. На стадії (б) процесу за даним винаходом цю суміш уводять у гранулятор, де з неї утворюються гранули.

У кращому варіанті здійснення винаходу аміак, фосфорну кислоту і воду змішують в реакторі, отримуючи в результаті амонійфосфатну суміш. Далі цю суміш уводять у гранулятор, де утворюються гранули, у той час як суспензію, що містить елементарну сірку, також уводять у гранулятор на стадії (б).

У кращому варіанті запропонованого процесу елементарну сірку вводять у гранулятор у формі водної суспензії часток сірки, включаючи суспендовану сірку або дисперговану сірку, як описано вище.

В особливо кращому варіанті запропонованого процесу елементарну сірку вводять у гранулятор у формі водної суспензії, що містить біологічно вироблені частки елементарної сірки, включаючи суспендовану або дисперговану сірку, як описано вище.

Під терміном "гранулятор" тут мається на увазі пристрій для формування гранул або кульок виробленого добрива. Підходящі для цього гранулятори описані в [Perry's Chemical Engineers' Handbook, chapter 20 (1997)]. Кращими є барабанні гранулятори і тарілчасті гранулятори. У барабанному грануляторі суміш, куди вона звичайно закачується насосом, розподіляється по валковому шару. У цьому грануляторі утворюються гранули. Під терміном "гранули" тут маються на увазі дискретні частки, що містять фосфат амонію й елементарну сірку. У разі потреби аміак може вводитися в гранулятор для завершення амонізації амонійфосфатної суміші. Якщо необхідно, то в гранулятор можуть подаватися також вода і пара для регулювання температури процесу грануляції.

У разі потреби в гранулятор можуть добавлятися додаткові аміак і/або рециркульовані частки добрива. Рециркульованими частками добрива додаються агенти гранулювання і зародкоутворення. Вони отримуються із кінцевого продукту - добрива. Ці частки мають малі розміри (і звуться "наддрібною фракцією"). Рециркуляція наддрібної фракції описана в патенті США №3,333,939.

Для приведення у відповідність кінцевого продукту-добрива до умов його застосування можуть протягом цього процесу додаватися також інші інгредієнти. Такими інгредієнтами можуть бути, наприклад, мікродобавки для живлення рослин, такі як бор, калій, натрій, цинк, марганець, залізо, мідь, молібден, кобальт, кальцій, магній та їх комбінації. Ці мікродобавки можуть постачатися в елементарній формі або у формі солей, таких, наприклад, як сульфати, нітрати або галогени. Вироблювані в результаті цього гранули є збагаченими на живильні речовини для рослин. Кількість цих живильних мікродобавок залежить від типу потрібного мінерального добрива і, звичайно, лежить у межах від 0,1 до 5%(мас.) від загальної маси гранул.

Сірковмісні гранули фосфату амонію, отримані на стадії грануляції, в разі потреби висушують у сушарці. У кращому варіанті при цьому застосовують сушіння повітрям, уникаючи таким чином потреби в додатковому сушильному обладнанні. В альтернативному варіанті для цього використовують сушарки, де передача тепла для сушіння здійснюється шляхом прямого контакту між вологою твердою речовиною і гарячими газами, що дозволяє прискорити стадію сушіння. Звичайно, застосовують сушарку ротаційного типу.

У кращому варіанті здійснення процесу за даним винаходом гранули сортують за їхнім розміром у сортувальній машині для надання кінцевому продукту більшої однорідності за гранулометричним складом. При цьому занадто великі гранули роздавлюються і повертаються в сортувальну машину, а занадто дрібні гранули повертаються в гранулятор як наддрібна фракція. Кращим є інтервал розміру (середнього діаметра) гранул, приблизно, від 1,5 до 5,0мм, а ще краще - від 2 до 4мм. Застосування гранул у цьому інтервалі розмірів, без сумніву, дозволить забезпечити більшу однорідність розподілу інгредієнтів добрива в ґрунті.

Цілком зрозуміло, що параметри процесу в реакторі і грануляторі встановлюють у залежності від бажаних продуктів.

У результаті проведення типового виробничого процесу за даним винаходом отримують гранули сірковмісних моноамонійфосфатних, сірковмісних діамонійфосфатних або сірковмісних азотфосфорно-калійних (NPK) мінеральних добрив, що в разі потреби можуть бути збагачені на живильні добавки для рослин. При цьому сірка в сірковмісних гранулах добрива може бути вбудована в гранули добрива або ж розподілена на гранулах, або ж може бути як вбудована в гранули, так і розподілена по них. Вміст елементарної сірки в цих гранулах добрив, звичайно, становить до 25%(мас.) від загальної маси добрива, в кращому варіанті лежить у межах, приблизно, від 2 до 18%(мас), а в ще кращому - в межах, приблизно, від 5 до 15%(мас.) від загальної маси добрива. Вміст елементарної сірки більше 25%(мас.) у загальному випадку буде призводити до менш рівномірного розподілу її на гранулах і всередині гранул внаслідок її скупчення. Крім

того, зі збільшенням умісту елементарної сірки зменшується опір гранул роздавлюванню. Найбільш однорідний розподіл сірки на гранулах і всередині гранул досягається, коли вміст її лежить у межах від 5 до 15%(мас.) від загальної маси гранул добрива.

Нижче процес за даним винаходом розглядається з поясненням на Фіг.1.

На Фіг.1 подана структурна схема типового процесу згідно з даним винаходом, де елементарна сірка вводиться на стадії (а).

Фосфорну кислоту подають у реактор (3) із бака (1) по лінії (2). Газоподібний аміак подають у реактор (3) із бака (4) по лінії (5). Воду подають у реактор (3) із бака (6) по лінії (7). Сірку в реактор (3) подають із бака (8) по лінії (9).

У реакторі (3) безводний аміак і фосфорна кислота реагують між собою з утворенням сірковмісної амонійфосфатної суміші. Цю суміш по лінії (10) перекачують у барабанний гранулятор (11), де вона подається на верх валкового шару матеріалу добрива. У барабанний гранулятор по лінії (12) із бака (4) подається газоподібний аміак для збільшення молярного співвідношення, приблизно, до 1,8 і до 1,0 при виготовленні, відповідно, S-DAP і S-MAP.

У грануляторі (11) утворюються вологі сірковмісні гранули фосфату амонію. Ці вологі гранули по лінії (13) постачаються в роторну сушарку (14). У роторній сушарці (14) гранули висушуються. Висушені гранули по лінії (15) подаються на сортувальну машину (16).

У сортувальній машині гранули, що є занадто великими або занадто малими порівняно із заданим гранулометричним складом, видаляються із потоку гранул. Занадто великі гранули подаються по лінії (17) у роздрібнювач (18). Роздрібнені гранули по лінії (19) повертаються в сортувальну машину. Занадто малі гранули по лінії (20) подаються в гранулятор. Гранули розмірами в інтервалі від 2,0 до 4,0мм по лінії (21) потрапляють в охолоджувач (22), де вони охолоджуються. Частина гранул розмірами в інтервалі від 2,0 до 4,0мм по лінії (23) повертаються на барабанний гранулятор в цілях регулювання процесу грануляції.

Пари аміаку і води, що виходять із реактора (3), по лінії (24) подаються в апарат мокрої очистки (25), де вони очищаються фосфорною кислотою. Очисна рідина, що містить фосфат амонію, по лінії (26) повертається в реактор (3).

Повітря і пил, відібрані від барабанного гранулятора, елеватора розвантажування сушарки й із оточення барабанного гранулятора, по лініях (27) і (28) подаються у відповідний апарат мокрої очистки (29) промислового виготовлення, де вони обробляються і по лінії (30) виводяться в атмосферу.

Далі винахід ілюстрований на прикладах його практичного здійснення, що не несуть із собою будь-яких обмежень.

Приклад 1 (порівняльний)

За допомогою процесу, схематично відображеного на Фіг.1, були приготовані гранули DAP, але без добавлення сірки із бака (8). Реактором (3) при цьому служив попередній нейтралізатор. Реакційна суміш у попередньому нейтралізаторі підтримувалася при температурі 115°C і молярному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4=1,42$. Хімічний аналіз отримуваних гранул показав такий їхній склад: 19,0%(мас.) N, 50,5%(мас.) P_2O_5 і 0,9%(мас.) сульфатної сірки (від загальної маси гранул). Середній опір гранул роздавлюванню, визначений як мінімальне зусилля, потрібне для руйнування шляхом роздавлювання взятої окремо гранули, становив 4,7кг/гранулу.

Приклад 2 (згідно з винаходом)

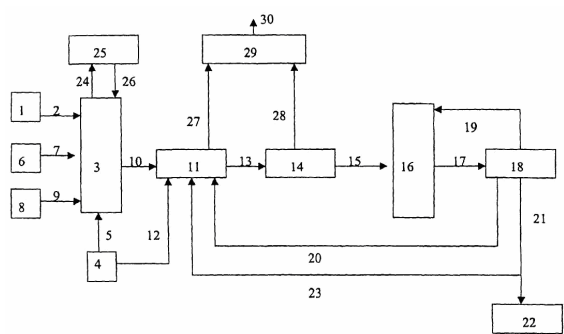
За допомогою процесу, схематично відображеного на Фіг.1, були приготовані гранули DAP з доданою в них сіркою. Як реактор використовували попередній нейтралізатор. Реакційна суміш у попередньому нейтралізаторі підтримувалася при температурі 117°C і молярному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4=1,44$. Хімічний аналіз отримуваних гранул показав такий їхній склад: 15,7%(мас.) N, 41,8%(мас.) P_2O_5 і 0,6%(мас.) сульфатної сірки і 17,6%(мас.) елементарної сірки (від загальної маси гранул). Був проведений аналіз методом сканувальної електронної мікроскопії (SEM) для оцінки того, чи рівномірно була диспергована сірка в гранулах добрива. SEM-аналіз цілих і розщеплених гранул показав, що сірка була розподілена як на поверхні гранул, так і в самих гранулах. Середній опір гранул роздавлюванню складав 4,3кг/гранулу.

Приклад 3 (порівняльний)

За допомогою процесу, схематично відображеного на Фіг.1, були приготовані гранули MAP, але без добавлення сірки із бака (8). При цьому використовувався трубчастий перехресний реактор (3). Реакційна суміш у трубчастому перехресному реакторі підтримувалася при температурі в межах від 120 до 126°C і молярному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4=0,67$. Хімічний аналіз отримуваних гранул показав такий їхній склад: 11,3%(мас.) N, 56,0%(мас.) P_2O_5 і 1,0%(мас.) сульфатної сірки (від загальної маси гранул). Середній опір гранул роздавлюванню становив 4,8кг/гранулу.

Приклад 4 (згідно з винаходом)

За допомогою процесу, схематично відображеного на Фіг.1, були приготовані гранули MAP з доданою в них сіркою. При цьому використовувався трубчастий перехресний реактор (3). Сірку добавляли у формі емульсії. Емульсіфіковану сірку перемішували в контейнері, а потім переправляли безпосередньо із контейнера в бак постачання сірки (8). Реакційну суміш у трубчастому перехресному реакторі підтримували при температурі приблизно 122°C і молярному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4=0,69$. Хімічний аналіз отримуваних гранул показав такий їхній склад: 10,3%(мас.) N, 50,3%(мас.) P_2O_5 , 0,7%(мас.) сульфатної сірки і 11,0%(мас.) елементарної сірки (від загальної маси гранул). Був проведений аналіз методом сканувальної електронної мікроскопії (SEM) для оцінки того, чи рівномірно була диспергована сірка в гранулах добрива. SEM-аналіз цілих і розщеплених гранул показав, що сірка була розподілена як на поверхні гранул, так і в гранулах добрива. Середній опір гранул роздавлюванню складав 4,2кг/гранулу.



Φir.1