

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.3.10

УДК 631.895

П.В. Сковородников, М.В. ЧерепановаПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**СПОСОБЫ ГРАНУЛИРОВАНИЯ
ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Органо-минеральное удобрение применяется в сельском хозяйстве, способствуя повышению плодородия почвы, и является перспективным и высокоэффективным минеральным удобрением. Существуют различные виды смесей, обогащенные органическими веществами: перегной, навоз, компост, торф, сапрпель, бытовые и производственные отходы, костная мука, зола, сидераты, био-гумус, которые используются в качестве органо-минеральных удобрений.

С помощью электронно-сканирующей микроскопии установлено, что органо-минеральное удобрение (био-гумус) имеет неоднородную структуру и неплотную упаковку частиц, с различными игольчатыми и шарообразными вкраплениями. На поверхности наблюдается налет белого цвета, являющийся соединением CaCO_3 , которое формирует особую буферную систему – гуминовые вещества (ГВ) – CaCO_3 . Это обеспечивает повышение устойчивости почвы к подкислению и подщелачиванию, а также увеличивает длительность действия удобрения и выполняет роль сорбента тяжелых металлов.

Органо-минеральное удобрение (ОМУ) представляет собой рыхлую рассыпчатую массу с высокой влажностью, что в дальнейшем приводит к трудностям при внесении в почву и при транспортировании. Удобрение слеживается, а нарушение условий хранения может привести продукт в негодность. Химическая активность и свойства полученного удобрения не стабильны во времени, возможны потери питательных веществ. Для решения существующих проблем ОМУ гранулируют.

На основании проведенного анализа научно-технической и патентной литературы установлено, что имеется множество технологий гранулирования ОМУ, таких как формование, окатывание, экструзия и прессование. Однако приведенные данные не могут быть использованы в разрабатываемой технологии гранулирования удобрения без проверки и отработки режимов для конкретного исходного сырья. Но возможно использование полученных в ходе патентного поиска данных для экспериментальных исследований.

Установлено, что сырьем для удобрения являются различные вещества (перегной, компост, биогумус, торф, сапропель, навоз и др.), обогащенные органическими компонентами. Изучены механизмы взаимодействия химических соединений, входящих в состав ОМУ.

Данная область перспективна для усовершенствования переработки органо-минерального сырья с получением многофункционального гранулированного удобрения.

Ключевые слова: *органо-минеральное удобрение, гранулирование, формование, прессование, экструзия, окатывание, переработка.*

P.V. Skovorodnikov, M.V. Cherepanova

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

THE METHODS OF GRANULATION ORGANOMINERAL FERTILIZERS

Organomineral fertilizer is used in agriculture, contributing to the increase of soil fertility, and is a promising and highly effective mineral fertilizer. There are different types of mixtures enriched with organic substances: humus, manure, compost, peat, sapropel, household and industrial waste, bone meal, ashes, siderates, biohumus, which are used as organomineral fertilizers.

With the help of electron-scanning microscopy it has been established that an organomineral fertilizer (biohumus) has a non-uniform structure, and loose packing of particles, there are various needle-like and spherical impregnations. On the surface there is a plaque of color, which is a compound of CaCO_3 , which forms a special buffer system – humic substances $\text{GV}-(\text{CaCO}_3)$. This provides an increase in soil resistance to acidification and alkalization, and also increases the duration of the fertilizer and acts as a heavy metal sorbent.

Organomineral fertilizer is a loose friable mass with high humidity, which subsequently leads to difficulties in use. Fertilizer is caked, and the violation of storage conditions. The chemical activity and properties of the fertilizer are not stable in time, nutrient losses are possible. To solve existing problems, OMF is granulated.

Based on the analysis of scientific, technical and patent literature, it has been established that there are many technologies for granulating OMF, such as molding, pelletizing, extrusion and pressing. However, these data can not be used in the development of technology. But it is possible to use the pattern in the process of patent search for experimental data.

It has been established that the raw material for fertilization is various substances (humus, compost, biohumus, peat, spropel, manure, etc.) enriched with organic components. The mechanisms of interaction of chemical compounds forming part of OMF have been studied.

This area is promising for improving the processing of organomineralic raw materials to obtain a multifunctional granular fertilizer.

Keywords: *organomineral fertilizer, granulation, molding, pressing, extrusion, pelletizing, processing.*

Органо-минеральное удобрение (ОМУ) является перспективным и высокоэффективным минеральным удобрением, которое способствует повышению плодородия почвы. Существуют различные виды смесей, обогащенные органическими веществами: перегной, навоз, компост, торф, сапропель, бытовые и производственные отходы, костная мука, зола, сидераты, биогумус.

ОМУ применяется в сельском хозяйстве для улучшения структуры земли/грунта и повышения урожайности. Готовое ОМУ представляет собой рыхлую рассыпчатую массу с высокой влажностью, что в дальнейшем приводит к трудностям в использовании и при транспортировании. Данное удобрение слеживается, а нарушение условий хранения может привести продукт в негодность. Чтобы решить существующие проблемы, органическое удобрение гранулируют различными методами, такими как формование, экструзия, прессование и окатывание. Вследствие этого необходимо изучить научно-техническую и патентную литературу по технологиям гранулирования ОМУ.

Использование ОМУ обусловлено его способностью восстанавливать почву за счет создания органо-минеральных комплексов и устойчивого накопления гумуса. На основе патентного поиска установлены следующие виды сырья, которые могут быть использованы для производства ОМУ:

- сапропель, торф, минеральные удобрения [1];
- зола, полученная при сжигании куриной подстильно-пометной массы и флотошлам [2];
- тяжелый суглинок, урина, зола древесных растений, свежий навоз КРС [3];
- куриный помет, известь, торф [4];
- продукты двух-, четырехлетнего разложения помета и экскрементов птицы, свиней и крупного рогатого скота с добавлением отходов первичной подработки и экстракции корня солодки [5];

- торф и сапропель, цеолитовый туф, известковая мука и хитин или хитозан [6];
- торф (сухой), цеолит, минеральные удобрения [7];
- каменный и бурый уголь, торф, гидроксид натрия или гидроксид аммония [8];
- торф, карбамид, сульфат магния, аммофос и сульфат калия [9];
- отходы производств искусственных и химических волокон [10];
- бурый уголь, известняк, глауконитовый песок и мочеви́на [11].

На рисунке представлена микрофотография частицы ОМУ биогумус, выпущенный компанией ОАО «Пермский биогумус». Влажность данного удобрения составляет 55–60 %, реакция нейтрально-щелочная ($pH = 7,3 \dots 8,2$). Химический состав представлен в таблице.

Химический состав удобрения биогумус

Показатель	Содержание, %	Показатель	Содержание, %
Азот (N)	0,8–2,0	Магний (Mg)	0,3–0,5
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,8–2,0	Кальций (Ca)	2,0–3,0
Калий (K ₂ O)	0,7–1,2	Гуминовые кислоты	25,0–30,0

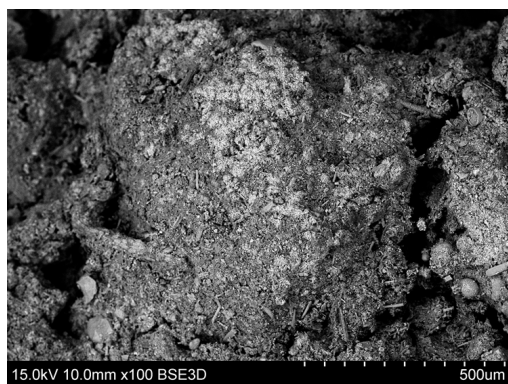


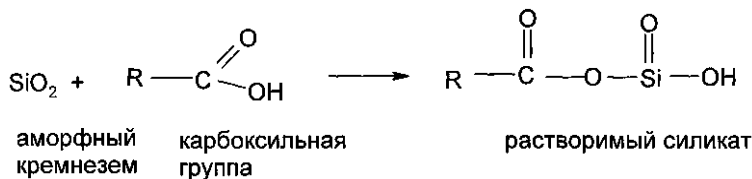
Рис. Микрофотография частицы органо-минерального удобрения биогумус (увеличение $\times 100$)

На фотографии видно, что удобрение имеет неоднородную структуру, есть различные игольчатые и шарообразные вкрапления, упаковка не плотная. По поверхности наблюдается налет белого цвета, на основании имеющихся литературных данных можно предположить, что это соединение ($CaCO_3$), формирующее особую буферную систему – гуминовые вещества (ГВ) – $CaCO_3$. Это обеспечивает повышение

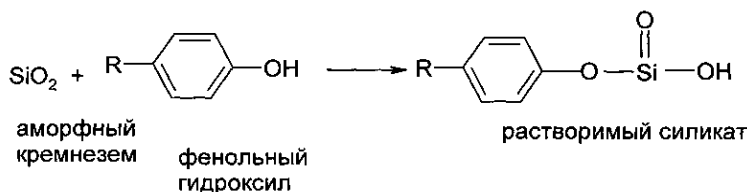
устойчивости почвы к подкислению и подщелачиванию, а также увеличивает длительность действия удобрения и выполняет роль сорбента тяжелых металлов. Также в биогумусе возможно содержание аморфного кремнезема (SiO_2). Вследствие этого активными центрами для формирования органо-минеральных комплексов гумусовых веществ являются частицы биогумуса и аморфного кремнезема. Четырехвалентный кремний аналогичен по строению основному элементу-органогену – углероду, однако больший радиус атома определяет его большую поляризацию и способствует образованию менее прочных связей, поэтому соединения, имеющие в своем составе кремний, более активны и легче трансформируются под воздействием реагентов. Аморфный кремнезем в силу большого количества активных центров и, как следствие, более высокой поверхностной энергии может более активно взаимодействовать с кислотными центрами органических соединений почвы [1].

Ниже приведены примеры взаимодействий:

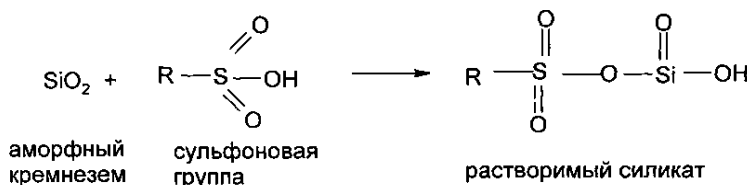
1) аморфный кремнезем и кислотные центры – карбоксильные группы фульво- и гуминовых кислот



2) аморфный кремнезем и фенольные гидроксилы фульво- и гуминовых кислот



3) аморфный кремнезем и сульфоновые кислоты органических веществ



Таким образом, смеси, содержащие большое количество органического вещества, следовательно, органических кислот (карбоксильных групп и фенольных гидроксидов), переводят соединения кремния в более активную и доступную для растений форму, а на кремнийорганических функциональных группах в силу поливалентности данного элемента образуются активные центры для формирования почвенных органо-минеральных комплексов, являющихся основой почвенного гумуса.

Для того чтобы получить высокоэффективное удобрение, обладающее пролонгированным эффектом с возможностью использования его в промышленных масштабах, ОМУ гранулируют. В результате анализа патентной литературы установлено большое разнообразие технологий гранулирования и агломерации.

Разработана технология получения ОМУ путем смешения торфа с цеолитом и минеральными веществами, в результате получается гранулят, имеющий в своем составе дополнительный сорбент, который понижает скорость вымывания питательных веществ. Достигается пролонгированный эффект удобрения. Гранулы формируют экструзионным способом с последующей сушкой до влажности продукта 20–22 %. Способ имеет недостаток: при внесении цеолита в смесь происходит существенное снижение пластичности формируемой массы, что приводит к снижению механической прочности гранул [7].

Методом экструзии возможно получение ОМУ из куриного помета, торфа и извести в количествах соответственно 1,0–1,5; 0,1–0,4 и 0,3–0,8 мас. частей. Эту смесь пропускают через фильеру, а образовавшиеся гранулы сушат при температуре окружающего воздуха до постоянной массы. Полученные данным способом гранулы обладают высокой прочностью, но продукт необходимо проверять на наличие в составе удобрения бактерий, сальмонеллы. Кроме того, используемый торф для производства ОМУ на основе птичьего помета ранее не использовался, так как не обладает высоким удобрительным эффектом и имеет кислую реакцию, что требует дополнительного внесения извести. Свойства полученного удобрения не стабильны в условиях длительного хранения [4].

Известен способ получения ОМУ, заключающийся в том, что в тяжелый суглинок добавляют урину, после набухания вносят просеянную золу древесных растений и свежий навоз. Эту смесь тщательно перемешивают, полученной массой заполняют формы, затем сушат

под навесом в течение 4–5 дней. В качестве базисной основы выбранный тяжелый суглинок обладает мощным и емким химическим поглощательным комплексом, способным накапливать и удерживать питательные вещества. Удобрение экологически чистое, хорошо усваивается растениями. Данная технология не требует больших материальных затрат, но продолжительная по времени [3].

Существует технология получения сложного гранулированного ОМУ, основанная на смешении и гранулировании компонентов в нужных для марки удобрения соотношениях и влажности смеси 50–60 %. Для упрочнения они направляются в окаточный барабан гранулятор-сушилку (БГС). Сушку гранул ведут при 115–125 °С. В качестве связующего при грануляции смеси используют насыщенный раствор микроэлементов. В результате сложное гранулированное ОМУ обогащено минеральными компонентами и содержит 12–15 % общих гуминовых соединений и комплекс аминокислот и микроэлементов. Предлагаемый способ получения сложного гранулированного органического удобрения позволяет производить удобрения с различным соотношением питательных компонентов в зависимости от исходных компонентов и назначения удобрений [12].

Известен способ получения гуминосодержащего ОМУ, который включает в себя измельчение бурого угля, обработку его 2–10%-ным водным раствором КОН или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и последующее смешение его с измельченным минеральным фосфорсодержащим удобрением (фосфориты, суперфосфат, аммофос). Полученную композицию смешивают с измельченным известняком и глауконитовым песком, пластификатором, в качестве которого используется 2–5%-ный раствор мочевины. Компоненты тщательно перемешивают, образовавшуюся смесь формируют в гранулы и сушат при 85–95 °С. Гранулирование порошкообразной смеси данным способом не позволяет получить сложное органо-минеральное удобрение с высоким содержанием органических веществ. Невозможно также получить гранулы с хорошей прочностью. Добавление глауконитового песка приводит к удорожанию готового продукта, так как необходимо проводить его добычу.

На основании проведенного анализа научно-технической и патентной литературы установлено, что имеется множество технологий гранулирования ОМУ, таких как формование, окатывание, экструзия и прессование, а сырьем для получения удобрений могут быть различные вещества, в составе которых имеются органические компоненты (перегной, навоз, компост, торф, сапрпель и т.д.).

В проанализированных патентах представлены различные технологические решения в процессе гранулирования органических удобрений, которые могли бы привести к получению продукта с большей прочностью и увеличению выхода товарной фракции:

- предварительное смешение исходной массы с различными добавками;
- гранулирование окатыванием в БГС при 115–125 °С;
- температура процесса сушки 85–95 °С;
- использование раствора микроэлементов в качестве связующего;
- проведение сушки при температуре окружающего воздуха и продолжительности 4–5 дней.

Однако приведенные данные не могут быть использованы в разрабатываемой технологии гранулирования удобрения без проверки и отработки режимов для конкретного исходного сырья. Но возможно использование полученных в ходе патентного поиска данных для экспериментальных исследований.

Данная область перспективна для усовершенствования переработки органо-минерального сырья с получением многофункционального гранулированного удобрения.

Список литературы

1. Пат. 2566684 Рос. Федерация, МПК C05F 7/00. Многокомпонентное органо-минеральное удобрение / Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. – № 2014146486/13; заявл. 20.11.2014; опубл. 27.10.2015.
2. Пат. 2574688 Рос. Федерация, МПК C05F 3/00. Состав органо-минеральных удобрений и способ их получения / Бобрицкий Г.А., Кладов А.А., Фролов Г.В. – № 2014137521/13; заявл. 16.09.2014; опубл. 10.02.2016.
3. Пат. 2491263 Рос. Федерация, МПК C05D 5/00. Органо-минеральное гранулированное удобрение и способ его получения / Стифеев А.И., Золотухин Л.А. – № 2012112714/13; заявл. 02.04.2012; опубл. 27.08.2013.
4. Пат. 2026271 Рос. Федерация, МПК C05F 3/00, C05F 11/02. Состав для производства органо-минерального удобрения / Родненко Л.В., Салюков А.Н., Сапелкин П.П. – № 925042703; заявл. 19.05.1992; опубл. 09.01.1995.

5. Пат. 2002121969 Рос. Федерация, МПК C05F 11/00, C05F 3/00, C05F 3/06. Способ получения комплексного органо-минерального удобрения из отходов солодки голой и технологическая линия для его осуществления / Рогачев А.Ф., Салдаев А.М., Мазаева Т.И. – № 2002121969; заявл. 12.08.2002; опубл. 20.03.2004.

6. Пат. 2115641 Рос. Федерация, МПК C05F 7/00, C05G 1/00, C09K 17/40. Удобрение-мелиорант «Нара-2» / Попеско И.Г., Соловьев И.С., Ежов В.Г., Богерук А.К., Гладышев А.Г. – № 97107163/13; заявл. 05.05.1997; опубл. 20.07.1998.

7. Пат. 2121489 Рос. Федерация, МПК C10F 7/00, C05F 11/00. Гранулированное удобрение на основе торфа / Перфильева В.Д., Алексеева Т.П., Криницын Г.Г. – № 94040127/03; заявл. 27.10.1994; опубл. 10.11.1998.

8. Пат. 116144 СССР, МПК C05F 11/02. Способ получения гуминовых удобрений из твердого ископаемого горючего / Хотунцев Л.Л., Кухаренко Т.А., Волков Г.М. – № 598004; заявл. 22.04.1958; опубл. 01.01.1958.

9. Пат. 2272800 Рос. Федерация, МПК C05F 11/02. Способ гранулирования органо-минерального удобрения / Живописцев В.А., Маланчук В.Я., Михайлов Г.В. – № 2004123252/12; заявл. 29.07.2004; опубл. 27.03.2006.

10. Пат. 2120422 Рос. Федерация, МПК C02F 11/12, C05D 9/02. Способ утилизации отходов производства искусственного волокна / Гунарь Т.А. – № 94006640; заявл. 22.02.1994; опубл. 20.10.1998.

11. Пат. 2002106546 Рос. Федерация, МПК C05F 11/02. Способ получения комплексного органо-минерального удобрения / Ковалёв К.Е., Папаянаки В.В. – № 2002106546/13; заявл. 14.03.2002; опубл. 20.09.2003.

12. Пат. 2337900 Рос. Федерация, МПК C05F 3/00. Способ получения сложного гранулированного органического удобрения, обогащение минеральными компонентами / Суханов В.М., Маланчук В.Я., Должич А.Р., Ретуев А.В. – № 2007106414/12; заявл. 21.02.2007; опубл. 10.11.2008.

References

1. Vazykhov I.T., Kireicheva L.V., Pukhovskaia T.Iu., Pavlov V.Iu. Mnogokomponentnoe organomineral'noe udobrenie [Multicomponent organic-mineral fertilizer]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no 2566684 (2015).

2. Bobritskii G.A., Kladvov A.A., Frolov G.V. Sostav organomineral'nykh udobrenii i sposob ikh polucheniia [The composition of the organic-mineral

fertilizers and the method its production]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2574688 (2016).

3. Stifeev A.I., Zolotuhin L.A. Organomineral'noe granulirovannoe udobrenie i sposob ego poluchenija [Organic-mineral granular fertilizer and method its production]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2491263 (2013).

4. Rodnenko L.V., Saljukov A.N., Sapelkin P.P. Sostav dlja proizvodstva organomineral'nogo udobrenija [Composition for production organic-mineral fertilizer]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2026271 (1995).

5. Rogachev A.F., Saldaev A.M., Mazaeva T.I. Sposob poluchenija kompleksnogo organomineral'nogo udobrenija iz othodov solodki goloj i tehnologicheskaja linija dlja ego osushhestvlenija [The method of obtaining complex organic-mineral fertilizers from waste licorice and technological line for its implementation]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2002121969 (2004).

6. Popesko I.G., Solov'ev I.S., Ezhov V.G., Bogeruk A.K., Gladyshev A.G. Udobrenie-meliorant «Nara-2» [Fertilizer-ameliorant "Nara-2"]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2115641 (1998).

7. Perfil'eva V.D., Alekseeva T.P., Kriticyn G.G. Granulirovannoe udobrenie na osnove torfa [Granular fertiliser based on peat]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2121489 (1998).

8. Khotuntsev L.L., Kukharenko T.A., Volkov G.M. Sposob polucheniia guminovykh udobrenii iz tverdogo iskopaemogo goriuchego [The method of obtaining humic fertilizers from solid fossil fuels]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 116144 (1958).

9. Zhivopiscev V.A., Malanchuk V.Ja., Mihajlov G.V. Sposob granulirovanija organomineral'nogo udobrenija [The method of granulating organic fertilizer]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2272800 (2006).

10. Gunar' T.A. Sposob utilizacii othodov proizvodstva iskusstvennogo volokna [The method of disposal the waste artificial fibers]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2120422 (1998).

11. Kovaljov K.E., Papajanaki V.V. Sposob poluchenija kompleksnogo organomineral'nogo udobrenija [The method of obtaining complex organic-mineral fertilizers]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2002106546 (2003).

12. Suhanov V.M., Malanchuk V.Ja., Dolzhich A.R., Retuev A.V. Sposob obogashhenie mineral'nymi komponentami [The method of obtaining complex granulated organic-mineral fertilizer enriched with mineral components]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2337900 (2008).

Получено 13.07.2017

Об авторах

Сковородников Павел Валерьевич (Пермь, Россия) – бакалавр кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: pavel.skovorodnikov@yandex.ru).

Черепанова Мария Владимировна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: syromyatnikova.maria@yandex.ru).

About the authors

Pavel V. Skovorodnikov (Perm, Russian Federation) – Bachelor student, Department of Chemical technology, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: pavel.skovorodnikov@yandex.ru).

Maria V. Cherepanova (Perm, Russian Federation) – Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical Technology, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: syromyatnikova.marya@yandex.ru).