

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БИОГУМУСА

Брагинец Н.В., д.т.н., Лангазов В.В., к.т.н.
(Луганский национальный аграрный университет)

Проведён обзор реологических моделей грунтов, сено-соломистых материалов и травяной муки. Предлагается адаптировать существующие реологические модели грунтов путем введением элемента Сен-Венана.

Проблема. Плодородие почвенного слоя с древних времен считалось основой сельского хозяйства, базой, без которой развитие немислимо. На данный момент Украина, обладавшая когда-то богатейшими почвенными ресурсами на ходится на оном из самых высоких мест в мире по распаханностей сельскохозяйственных угодий (84,66 %) – при площади сельскохозяйственных угодий в 36,5 млн. га площадь пашни составляет 30,9 млн га [1]. Снижение животноводческого поголовья - по данным Госкомстата Украины в период с 1990 по 2010 год поголовье коров снизилось с 8378 тысяч голов до 2632,2 тысяч голов (на 318 %), поголовье свиней уменьшилось с 19426,9 тысяч голов до 7960,4 тысяч голов (244,1 %), привело к снижению количества вносимых в почву органических удобрений [1].

В то время как в 2010 году на площади 12,6 млн га (69,5 % посевных площадей) было внесено 1,1 млн т минеральных удобрений, что на 19,6% больше уровня 2009 года, органические удобрения вносились на площади 0,4 млн га (2,2 % посевных площадей) в размере 9,9 млн. т (рис. 1), что на 5,4 % меньше уровня 2009 года.

По сравнению с 1990 годом в 2010 году количество вносимых в почву минеральных удобрений снизилось почти в 4,1 раза, а органических удобрений - почти в 26 раз [1, 2].

Одним из путей получения ценных органических удобрений является вермикомпостирование (обработка вермикультурами) отходов сельскохозяйственного производства. Образующийся в результате вермикомпостирования биогумус вносят в виде водных растворов и в рассыпном виде. Сейчас приобретает популярность внесение биогумуса в виде гранул.

Основными преимуществами гранулированного биогумуса является его экономия (200 кг/га по сравнению с 3-4 т/га рассыпного биогумуса), а также высокая влагоёмкость и влагостойкость [1, 2]. На сегодняшний день в Украине для гранулирования биогумуса применяют грануляторы другого целевого назначения: для гранулирования травяной муки, торфа и т.д.

Для создания научных основ проектирования оборудования для приготовления биогумуса необходимо провести обзор существующих реологических моделей сходных материалов.

Анализ последних исследований и публикаций. Процесс гранулирования материалов и изучение реологических свойств материалов исследовался многими учеными: П.В. Классеном, В.Н. Кочетковым, В.Ф. Некрашевичем, В.Ф. Першиным, И.Г. Гришаевым, В.И. Особовым, А.В. Жигжитовым, В.И. Назаровым, В.И. Сыроваткой, Г.Я. Фарбманом, С.С. Вяловым [3-10]. Работы данных ученых позволили решить ряд важных задач, однако необходимо адаптировать существующие реологические модели к биогумусу.

Целью исследований является изучение существующих реологических моделей материалов, близких по своим физико-механическим свойствам к биогумусу.

Результаты исследований. Поскольку биогумус является дисперсной системой и при гранулировании подвергается деформационным процессам, то необходимо проанализировать существующие реологические модели тел.

Известно, что в качестве реологических моделей идеализированных свойств реальных тел рассматриваются: модель идеально упругого тела (тело Гука) (рис. 1а), модель идеально вязкого тела (тело Ньютона) (рис. 1б) и модель идеально пластического тела (тело Сен-Венана) (рис. 1в).

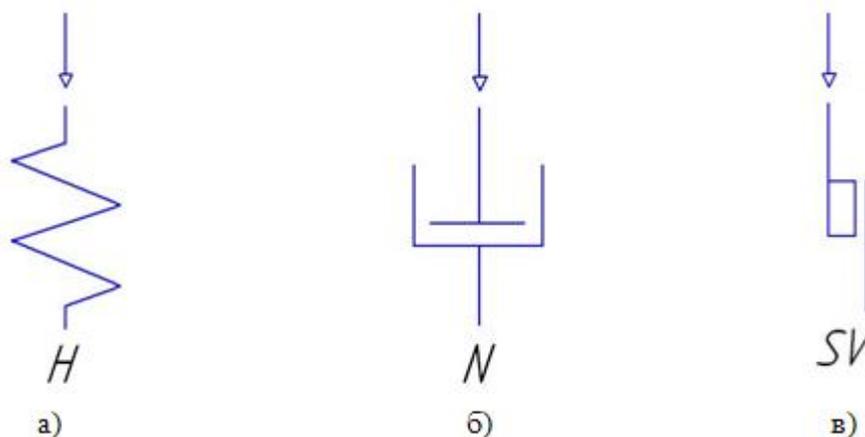


Рис. 1. Простейшие механические модели уплотняемых материалов: а) упругое тело Гука; б) вязкое тело Ньютона; в) пластичное тело Сен-Венана.

Деформация тела Гука, как правило, представляемого в виде пружины, подчиняется закону Гука, то есть напряжение деформации прямо пропорционально деформации:

$$\tau = E \cdot \gamma, \tag{1}$$

где τ – напряжение сдвига;
 E – модуль упругости;
 γ – деформация (смещение) модели.

Вязкое тело Ньютона (рис. 1б) представляют в виде цилиндра, наполненного жидкостью, в которую погружается дырчатый поршень. Деформация вязкого элемента подчиняется закону Ньютона [4; 11]:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} = \eta \frac{d\gamma}{dt}, \quad (2)$$

где η – коэффициент внутреннего трения;
 γ – деформация (смещение) модели;
 t – время воздействия.

Пластические свойства отображаются введением в реологические модели элемента сухого трения или пластичного тела Сен-Венана (рис. 1в), подчиняющегося закону Сен-Венана, согласно которому при выполнении ниже приведенного условия тело ведет себя как твердое тело, то есть деформации не возникают:

$$\tau = \tau_{кр}, \quad (3)$$

где $\tau_{кр}$ - критическое напряжение, до превышения которого деформации не возникают.

Различные сочетания этих трех моделей позволяют наглядно описывать качественные стороны процесса деформации дисперсных материалов.

Параллельно соединяя упругий и вязкий элементы получают модель тела Кельвина-Фойгта (рис. 2а), обладающее свойством последействия, но не проявляющим релаксационных свойств.

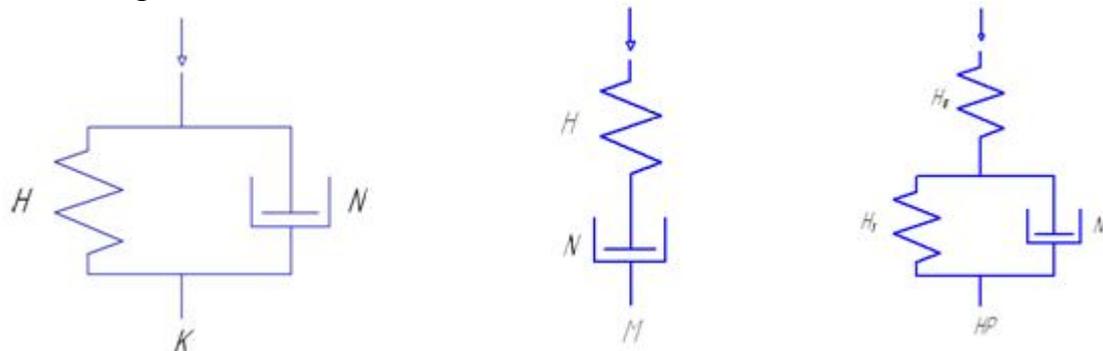


Рис.2. Модели упруговязких тел:

а) Кельвина-Фойгта; б) Максвелла; в) обобщенного упруговязкого тела.

Последовательное соединение упругого и вязкого элементов (рис. 2б) образует тело Максвелла, обладающего релаксационными свойствами, но не проявляющим свойств последействия.

Поскольку модели Максвелла и Кельвина-Фойгта отражают различные свойства упруговязкого деформирования [4; 11], то обобщенное упруговязкое тело (рис. 2в), состоящее из последовательно соединенных моделей Максвелла и Кельвина-Фойгта, обладает как свойствами последействия, так и релаксации.

Последовательное соединение элементов Гука и Сен-Венана образует упругопластическое тело Прандтля (рис. 3а), в котором при напряжении, меньшем критического упругая деформация подчиняется закону Гука, а при

превышении критического напряжения деформация стремится к бесконечности. Уруго-пластическое тело Прандтля входит в модели пластично-вязких тела Бингама (рис. 3б) и тела Шведова (рис. 3в).

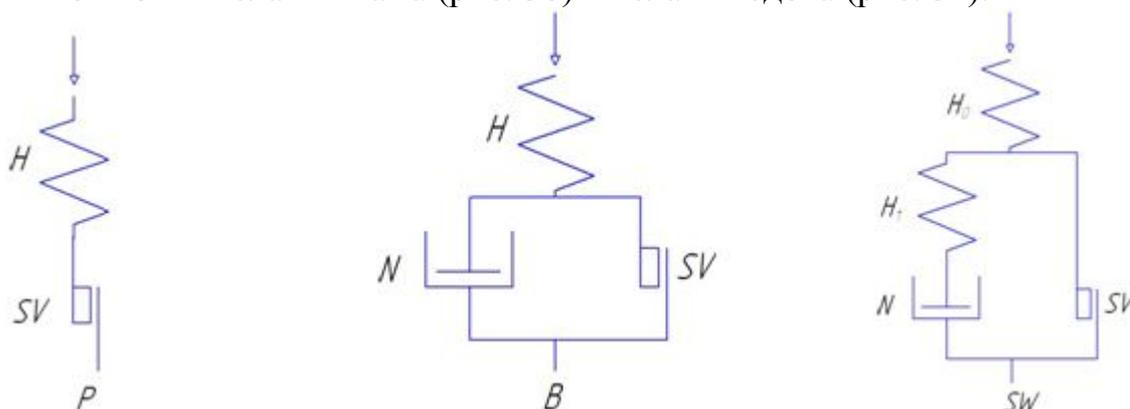


Рис. 3. Модели уругопластических и пластично-вязких тел:
 а) тело Прандтля; б) тело Бингама; в) тело Шведова.

Вышеприведенные модели не в полной мере отражают процессы деформирования. Поскольку биогумус схож по механико-технологическим свойствам с грунтами, то необходимо провести обзор существующих моделей деформирования грунтов.

Классическая модель Терцаги-Герсеванова (рис. 4а), описывающая процесс консолидации водонасыщенного грунта аналогична модели Кельвина-Фойгта [11]. Модель изображается как цилиндр, заполненный вязкой жидкостью в которую погружается перфорированный (дырчатый) поршень, соединенный с упругой пружиной. Вязкая жидкость в цилиндре моделирует поровую воду, перфорация в поршне – грунтовые капилляры, а упругая пружина – скелет грунта.

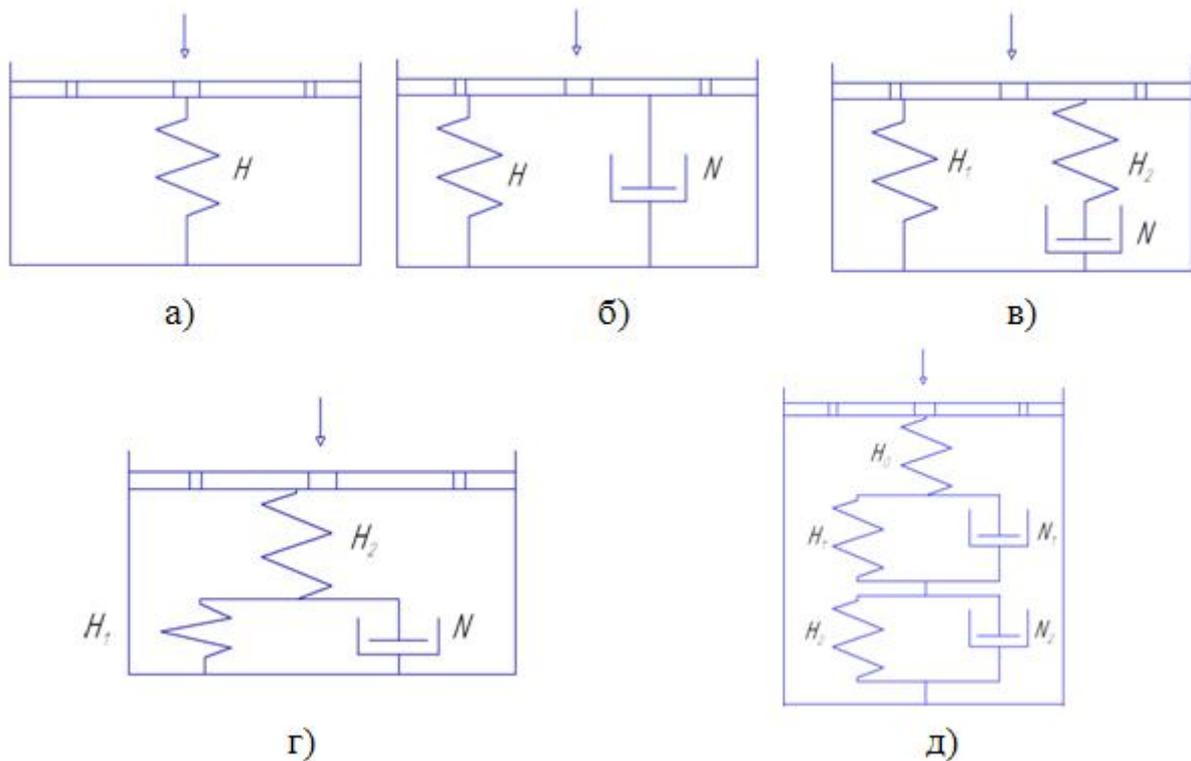


Рис. 4. Механические модели, отображающие процесс консолидации грунта:

а) Терцаги-Герсеванова; б) Тейлора; в) Тана; г) Гибсона-Ло;

д) Ло (предложена Р.Шиффманом).

В дальнейшем модель Терцаги модифицировалась различными учеными (рис. 4б-д) и в основном отражали в той или иной мере вторичную консолидацию грунта.

В качестве недостатка следует отметить то, что поскольку модели разрабатывались относительно реальных грунтов, в них большую роль играла составляющая, учитывающая скелет грунта, который практически отсутствует у биогумуса.

Учеными достаточно хорошо разработана теория гранулирования травяной муки и сено-соломистых материалов [4].

Модели, качественно описывающие уплотнение сено-соломистых материалов (рис. 5а) и травяной муки (рис. 5б) также не вполне применимы для биогумуса.

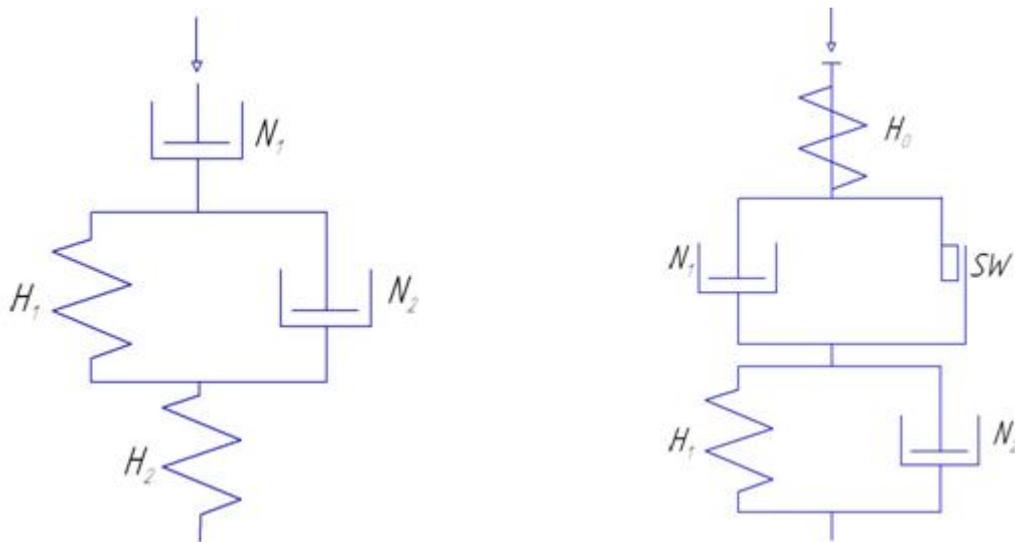


Рис. 5. Механические модели:

- а) поведения сено-соломистых материалов при уплотнении;
- б) поведения травяной муки при ее прессовании (по Г.Я. Фарбману).

Некорректность переноса реологических моделей приведенных выше для описания поведения биогумуса при уплотнении связано со значительным отличием механико-технологических свойств сено-соломистых материалов и травяной муки.

Обзор существующих реологических моделей показывает, что в качестве базовой реологической модели, описывающей поведение биогумуса необходимо взять усовершенствованные модели грунтов, с введением в них элемента Сен-Венана, учитывающего пластические свойства биогумуса.

Выводы.

1. Анализ литературных источников показал, что разработки реологических моделей биогумуса находятся на начальной стадии и общепринятой реологической модели биогумуса не существует, что существенно осложняет научное обоснование рабочих органов машин для его получения и обработки.

2. Перенос механических моделей реальных грунтов и сено-соломистых материалов на биогумус является некорректным, поскольку практически все модели уделяют большое значение поведению структурного скелета тел, в то время как биогумус не имеет развитого скелета.

3. Для получения реологической модели биогумуса необходимо доработать существующие модели реальных грунтов, с учетом пластических свойств биогумуса, то есть путем введения элемента Сен-Венана.

Список литературы

1. Брагинец Н.В. Вермикомпостирование как составляющая процесса утилизации отходов сельскохозяйственного производства / Н.В. Брагинец, В.В. Лангазов. – Вісник Харківського національного технічного університету

сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 120 «Технічні системи і технології виробництва». – Харків, 2012. – С. 132-136.

2. Лангазов В.В. Классификация технологий вермикомпостирования / В.В. Лангазов. – Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництва ЛНАУ, 2012. - № 35. – С. 169 – 171.

3. Ломако Е.И. Изменение микробиологических свойств выщелоченного чернозёма при внесении биогумуса / Е.И. Ломако // Агрехимический вестник. - № 4. – 2003. - С 29.

4. Особов В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Васильев Г.К., Голяновский А.В. - М.: Машиностроение 1974. - 230 с.

5. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л: Колос, 1978. – 560 с.

6. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В.Ф. Першин. - М.: Машиностроение - 2009

7. Классен П.В. Основы техники гранулирования / П.В. Классен, И.Г. Гришаев. - М.: Химия. - 272 с.

8. Жигжитов А.В. Механизация процессов консервирования и приготовления кормов / А.В. Жигжитов. - Улан Удэ: ФГОУ ВПО БГСХФ им. Филиппова, 2008. - 105 с

9. Назаров В.Н. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей / В.Н. Назаров, Д.А. Макаренков, И.А. Булатов. – М.: Вестник МИТХТ, 2010. - т. 5. - № 6.

10. Фарбман Г.Я. Исследование закономерностей процесса прессования травяной муки / Г. Я. Фарбман. - Зап. Ленингр. с.-х. ин-та, 1973. - Т. 230. - С. 24-28.

11. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов / С.С. Вялов. – М.: Высшая школа, 1978. – 447 с.

12. Малкин А.Я, Реология: концепции, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. – СПб: Профессия, 2007. – 560 с.

Анотація

До питання розробки реологічних моделей біогумуса

М.В. Брагінець, В.В. Лангазов,

Проведено огляд реологічних моделей ґрунтів, сіно-соломистих матеріалів та трав'яного борошна конструкцій грануляторів для гранулювання біогумусу. Пропонується адаптувати існуючі реологічні моделі ґрунтів шляхом введення елементу Сен-Венана.

Abstract

To question of development of reological models of biohumus

N.V. Braginets, V.V. Langazov

The review of reological models of s, hay-straw stuffs and grass flour is conducted. It is suggested to adapt the existing reological models of s by introduction of Sen-Venan element.