УДК 62-97/-98:631.333.92

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-11-16

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТОГО ОРГАНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ ТОРФА¹Криволапов Иван Павлович¹Астапов Андрей Юрьевич¹Аксеновский Алексей Васильевич¹Коротков Артемий Александрович¹ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Реферат. В большинстве установок биологической фильтрации используется смесь различных пористых органических компонентов: компост из отходов животноводства, компост из бытовых отходов, почва, перегнившая листва и т.д., нередко в качестве добавки применяют торф, который также оказывает существенное влияние на физико-механические свойства материала. Обоснована и предложена методика оценки основных физико-механических свойств пористого органического материала с добавлением торфа: влажности, пористости и насыпная плотность, опыты проведены в трехкратной повторности. Влажность определяли экспресс методом с помощью анализатора влажности Эвлас-2М, предназначенного для экспрессного определения массовой доли влаги термогравиметрическим методом. Пористость оценивали по свободному пространству между частицами материала с помощью жидкости. Насыпную плотность материала определяли по неуплотненной массе в емкости известного объема. На основании экспериментальных данных получены графические зависимости изменения пористости и насыпной плотности пористого органического материала от его влажности, выявлено, что при уровне влажности 40 % пористость составляет 52 %. При влажности 60 % пористость снижается до значения 38 %, а при 67 % влажности пористость составляет около 32 %. При влажности 40 % насыпная плотность составляет 420 кг/м³, а при влажности 67 % значение насыпной плотности достигает 870 кг/м³. Эти значения также обусловлены высоким уровнем пористости органического материала, который накапливает в себе значительный объем влаги.

Ключевые слова: пористый органический материал, торф, насыпная плотность, пористость.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF INVESTIGATIONS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POROUS ORGANIC MATERIAL WITH PEAT ADDITION¹Krivolapov Ivan¹Astapov Andrey¹Aksenovsky Alexey¹Korotkov Artemiy¹FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"

Abstract. A mixture of various porous organic components: compost from animal waste, compost from household waste, soil, decayed foliage, etc. are used in most biological filtration plants, peat is often used as an additive, which also has a significant effect on the physicomachanical properties of the material. The methodology for assessing the basic physical and mechanical properties of porous organic material with the addition of peat: moisture, porosity and bulk density was substantiated and proposed, experiments were carried out in triplicate. Humidity was determined by the express method using an Evlas-2M moisture analyzer designed for the rapid determination of the mass fraction of moisture by the thermogravimetric method. Porosity was estimated by the free space between the particles of the material using a liquid. The bulk density of the material was determined by the unconsolidated mass in a container of known volume. Graphic dependences of changes in porosity and bulk density of a porous organic material on its moisture content were obtained on the basis of experimental data, it was revealed that at a humidity level of 40 %, porosity is 52 %. Porosity decreases to 38 % at a humidity of 60 %, porosity is about 32 % at a moisture content of 67 %. The bulk density is 420 kg / m³ at a humidity of

40 %, and the bulk density reaches 870 kg / m³ at a humidity of 67 %. These values are also due to the high level of porosity of the organic material, which accumulates a significant amount of moisture.

Keywords: porous organic material, peat, bulk density, porosity.

Введение. Для обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства одним из вариантов является использование технологии биологической фильтрации воздуха, загрязняемого в процессе переработки отходов животноводства. Ключевым элементом данной технологии является пористый органический фильтрующий материал на котором закрепляются микроорганизмы-деструкторы и используют вредные компоненты выброса для своего развития.

Важнейшими показателями фильтрующего материала являются его физико-механические свойства и химический состав, поэтому комплексное изучение этих показателей позволяет оптимизировать работу системы и обеспечивать ее контроль.

Из физико-механических показателей ключевыми являются: пористость, влажность и насыпная плотность материала, динамика их изменения оказывает большое значение на эффективность очистки воздуха и срок службы фильтрующего материала.

Гидравлические сопротивления во время движения жидкости в пористой среде пропорциональны скорости потока и вязкости жидкостей. Эти сопротивления аналогичны сопротивлению трения при движении жидкости в трубах. Но в отличие от движения жидкости в трубах характер ее течения в микронеднородной пористой среде имеет свои особенности [1, 2].

Фильтрация воздуха пористым органическим материалом как раз и является примером наличия закрытых и тупиковых пор, в котором часть пор занята водой, удерживаемой в поровом пространстве за счет капиллярных сил, в результате в поровом пространстве формируется единая система пор, связанная с поверхностью пористого тела и проникаемая для внешней среды, поэтому при определении пористости следует различать полную P_{vo} и эффективную P_{vs} пористость.

На эти показатели значительное влияние оказывает вид пористого органического материала, в большинстве установок биологической фильтрации используется смесь различных пористых органических компонентов: компост из отходов животноводства, компост из бытовых отходов, почва, перегнившая листва и т.д., нередко в качестве добавки применяют торф, который также оказывает существенное влияние на физико-механические свойства материала.

В этой связи исследования, направленные на определение основных физико-механических свойств пористого органического материала с добавлением торфа являются актуальными.

Материалы и методы. В процессе проведения экспериментов по оценке эффективности применения пористого органического материала с добавлением торфа, были проведены исследования по определению изменения пористости и насыпной плотности в зависимости от его влажности.

Пористость органического материала с добавлением торфа определялась по методике, изложенной в работе [4], и заключалась в определении свободного пространства между частицами материала с помощью жидкости.

Методика состояла из нескольких последовательных этапов:

1) в емкость известного объема засыпался пористый органический материал с добавлением торфа.

Материал также засыпался поэтапно, на первом этапе емкость наполнялась на третью часть ее объема, после чего этот объем уплотнялся, путем десятикратного опускания емкости в высоты 15 см на твердое основание, после этого емкость вновь заполнялась еще на треть и аналогичным образом уплотнялась, затем материал засыпался в емкость полностью, вновь уплотнялся и окончательно досыпался до верхнего уровня емкости;

2) другая емкость известного объема заполнялась водой;

3) вода из второй емкости медленно переливалась в емкость с материалом до тех пор, пока ее уровень не достигал максимального значения, рисунок 1.

Пористость определяли по формуле:

$$m = \frac{V_1}{V} \quad (1)$$

где V_1 – объем воды заливаемой в емкость с пористым материалом, л; V – объем пористого материала в емкости, л.

Рисунок 1 – Процесс определения пористости пористого органического материала с добавлением торфа

Влажность материала определяли путем его сушки до постоянной массы по ГОСТ 11305-2013 [5]. Влажность определялась экспресс методом с помощью анализатора влажности влажности Эвлас-2М, предназначенный для экспрессного определения массовой доли влаги термogrавиметрическим методом в лабораторных условиях, с диапазоном значений абсолютной погрешности результатов измерения влажности в зависимости от анализируемого материала в пределах от $\pm 0,2\%$ до $\pm 1,5\%$.

Измерения проводили в следующем порядке: анализатор влажности установили на ровной устойчивой площадке размером 400×700 мм для обеспечения нормального функционирования прибора он был прогрет в течение 30 мин., через 30 мин. нагреватель автоматически отключился.

Масса навески для сушки не превышала 5 г., с этой целью она предварительно взвешивалась на аналитических лабораторных электронных весах с классом точности $\pm 0,01 \cdot 10^{-3}$ кг по ГОСТ 53228-2008, после чего навеска помещалась на чистую чашу для проб.

Сушка осуществлялась при температуре 160°C до достижения постоянной массы, как правило в течение 7..15 минут, рисунок 2.

1 - анализатор влажности Эвлас-2М; 2 - чаша с фильтрующим материалом

Рисунок 2 – Определение влажности пористого органического материала с добавлением торфа

Насыпная плотность материала определялась по ГОСТ 24701-2013 [6] и заключалась в определении его неуплотненной массы в емкости известного объема.

Для определения насыпной плотности, подготовленный пористый материал засыпался в предварительно взвешенную емкость известного объема и взвешивался с помощью электронных подвесных весов ВНТ-30-10. После взвешивания емкости из нее производился отбор проб для определения влажности материала (рисунок 3).

Рисунок 3 – Определение насыпной плотности пористого органического материала с добавлением торфа

Насыпную плотность ρ_H определяли по формуле

$$\rho_H = \frac{m - n \left(\frac{m_1 + m_2}{2} \right)}{nV}, \quad (2)$$

где n – количество взвешиваний емкости и фильтрующим материалом; m – суммарная масса емкости с материалом в результате взвешиваний, кг; m_1 – масса пустой емкости вначале проведения исследований, кг; m_2 – масса емкости после проведения исследований, кг; V – объем емкости, м³.

Опыты по определению влажности проводили в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение. Зависимость пористости материала от его влажности, представлена на рисунке 4.

Рисунок 4 – Зависимость изменения пористости пористого органического материала с добавлением торфа от влажности

Анализ данной графической зависимости, представленной на рисунке, показывает, динамику снижения пористости органического материала с добавлением торфа с увеличением влажности, так при уровне влажности 40% пористость составляет 52%, в то время как при влажности 60% пористость снижается до значения 38%, а при 67% влажности пористость составляет около 32%, что обусловлено заполнением свободного объема порового пространства водой и уплотнением пор под действием силы тяжести.

Зависимость изменения насыпной плотности материала от его влажности, представлена на рисунке 5.

Рисунок 5 – Зависимость изменения насыпной плотности пористого органического материала с добавлением торфа от его влажности

Анализ графической зависимости, представленной на рисунке 5 показывает, увеличение насыпной плотности пористого органического материала с добавлением торфа с ростом его влажности, так при влажности 40% насыпная плотность составляет 420 кг/м³, а при влажности 67% значение насыпной плотности достигает 870 кг/м³ эти значения также обусловлены высоким уровнем пористости органического материала, который накапливает в себе значительный объем влаги.

Заключение. В ходе проведенных исследований определено, что пористость и насыпная плотность пористого органического материала с добавлением торфа значительно зависит от уровня его влажности и при определенных значениях приводит к высокому уровню уплотнения, это определяет необходимость применения дополнительных материалов, снижающих насыпную плотность и формирующих высокую пористую равномерную структуру по всему объему материала.

Список литературы

1. Рабинович Е.З. Гидравлика, изд. 3-е, испр. и перераб. – М.: гос. изд-во физ-мат. литературы, 1961. – 408 с.
2. Математическое моделирование пористых структур [Электронный ресурс] / Москалев П.В., Шитов В.В. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
3. Криволапов И.П., Новикова В.С., Колдин М.С. Пористость, как основной показатель, определяющий фильтрационную способность органического материала // Наука и Образование: электрон. журн. [Электронный ресурс]. – 2018. – №1. - Режим доступа: <http://opus.mgau.ru/index.php/see/article/view/306>
4. Richard N., Schmidt D. Biofilters // South Dakota State University college of agriculture & Biological sciences cooperative extension service / USDA cooperating/2005
5. ГОСТ 11305-2013 Торф и продукты его переработки. Методы определения влаги (Переиздание). М.: ФГУП Стандартинформ. – 2014. – 12 с.

6. ГОСТ 24701-2013 Торф. Методы определения плотности (Переиздание). М.: ФГУП Стандартинформ. – 2014. – 11с.

References

1. Rabinovich E.Z. Gidravlika, izd. 3-e, ispr. i pererab. – М.: gos. izd-vo fiz-mat. literatury, 1961. – 408 s.
2. Matematicheskoe modelirovanie poristyh struktur [Elektronnyj resurs] / Moskalev P.V., Shitov V.V. – М.: FIZMATLIT, 2007.
3. Krivolapov I.P., Novikova V.S., Koldin M.S. Poristost', kak osnovnoj pokazatel', opredelyayushchij fil'tracionnuyu sposobnost' organicheskogo materiala // Nauka i Obrazovanie: elektron. zhurn. [Elektronnyj resurs]. – 2018. – №1. – Rezhim dostupa: <http://opus.mgau.ru/index.php/see/article/view/306>
4. Richard N., Schmidt D. Biofilters // South Dakota State University college of agriculture & Biological sciences cooperative extension service / USDA cooperating/2005
5. GOST 11305-2013 Torf i produkty ego pererabotki. Metody opredeleniya vlagi (Переиздание). М.: FGUP Standartinform. – 2014. – 12 s.
6. GOST 24701-2013 Torf. Metody opredeleniya plotnosti (Переиздание). М.: FGUP Standartinform. – 2014. – 11s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Криволапов Иван Павлович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: ivan0068@bk.ru.

Астапов Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: Astapov_a@mail.ru.

Аксеновский Алексей Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: noky2002@mail.ru.

Коротков Артемий Александрович – студент 3 курса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: korotkov-artemiy@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Krivolapov Ivan – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: ivan0068@bk.ru.

Astapov Andrei – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: Astapov_a@mail.ru.

Aksenovsky Alexey – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: noky2002@mail.ru.

Korotkov Artemy – 3rd year student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: korotkov-artemiy@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 18.11.2019 Принята к публикации (Accepted): 23.12.2019