

УДК 579.222.4, 57.033

**ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ,
В РЕГУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ МЕТАНООБРАЗОВАНИЯ****Н.А. Степанов, О.В. Сенько, Е.Н. Ефременко***Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Гуминовые вещества (ГВ) сегодня широко используются в качестве органических удобрений, стимуляторов роста растений, в животноводстве, для ремедиации почв и водоемов, фармакологии и медицине [1–2]. В основу классификации ГВ положено их различие, связанное с извлечением этих соединений из природных объектов (почва, торф, уголь, сланец, морские и озерные отложения). Сложность строения ГВ и наличие большого количества функциональных групп обуславливают широкий спектр взаимодействий, в которые могут вступать эти вещества. Недавние исследования показали, что наличие ГВ при анаэробном разложении различных органических субстратов может приводить к ингибированию процесса газообразования, в частности синтеза CH_4 [3–4]. Эти результаты могут быть использованы для решения такой экологической проблемы как снижение эмиссии свалочных газов с полигонов твёрдых бытовых отходов (ТБО) и мусорных свалок. Однако, существует огромная разница в действии различных ГВ, определяемая их химическим составом [5].

В этой связи была проведена экспериментальная оценка влияния гуминовых препаратов различного происхождения – гумат калия (ГК), полученный из леонардита, фульвовые кислоты (ФК), выделенные из грунтовых вод (Humintech, Германия), и сапропель (ООО «ЭКОСАП», Россия) – на метаболическую активность анаэробного консорциума, полученного из полигона в процессе метаногенеза. Процесс проводился в анаэробных реакторах с питательной средой, приготовленной на основе 0,1 М фосфатного буфера (рН 7,2) и содержащей 1 г/л глюкозы в качестве единственного источника углерода при 37°C в течение 21 сут.

В присутствии ГК наблюдалось ингибирование процесса метаногенеза и синтез метана, причем ингибирование метаногенеза усиливалось с ростом концентрации ГК. В то же время введение в питательную среду сапропеля и ФК приводило к стимулированию синтеза биогаза и увеличению в нем доли CH_4 в сравнении с контрольным образцом (без ГВ). ГК в сравнении с другими препаратами характеризовался большей гидрофобностью из-за наличия ароматических групп, в то время как ФК и гуминовые вещества сапропеля, наоборот, более гидрофильные. Известно, что в состав сапропеля входят различные природные компоненты, в частности, целлюлоза, которые могут использоваться микроорганизмами в качестве дополнительных источников питательных и биологически активных веществ, приводя к увеличению эффективности метаногенеза. Таким образом, для снижения выбросов CH_4 в процессе метаногенеза наиболее эффективным оказался гумат калия, полученный из леонардита.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18–29–25065).

ЛИТЕРАТУРА

1. Olk D.C., Dinnes D.L., Scoresby J.R., Callaway C.R., Darlington J.W. Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges – a review. *J. Soils Sediments*, 2018, 18(8), 2881–2891.
2. Jacod K.K., KJ P.P., Chandramohanakumar N. Humic substances as a potent biomaterials for therapeutic and drug delivery system-a-review. *Int. J. App. Pharm.*, 2019, 11(3), 1–4.
3. Yap S.D., Astals S., Lu Y., Peces M., Jensen P.D., Batstone D.J., Tait S. Humic acid inhibition of hydrolysis and methanogenesis with different anaerobic inocula. *Waste Manag.*, 2018, 80, 130–136.
4. Hao X., van Loosdrecht M.C., Luo Y., Cao D. Effect of humic acids on batch anaerobic digestion of excess sludge. *Water Res.*, 2019 155, 431–443.
5. Liu K., Chen Y., Xiao N., Zheng X., Li M. Effect of humic acids with different characteristics on fermentative short-chain fatty acids production from waste activated sludge. *Environ. Sci. Technol.*, 2015, 49, 4929–4936.