

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ И ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Маннапова Л.М., Софинская О.А.

**Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, liaison.mannapova@yandex.ru*

Изучение взаимодействия органического вещества с глинистой компонентой грунта представляет собой на данный момент задачу, важную для инженерной геологии, но не имеющую общего решения. И глинистые, и органические вещества грунтов отвечают за гидрофизические свойства, консистенцию и, в конечном счете, устойчивость грунта как основания сооружений. Органические вещества грунтов, в особенности гумусовые, зачастую представляют собой набор высокомолекулярных соединений. Глинистая компонента грунтов так же обладает высокой сложностью, вследствие неоднородности состава и развития огромной удельной поверхности. Традиционно такие системы исследуются с использованием брутто-подхода, поскольку это единственный способ получать воспроизводимые результаты экспериментов (Шинкарев и др., 2007). Наибольший интерес у практиков вызывает взаимодействие органической и глинистой части в органоминеральных грунтах, однако с точки зрения фундаментальных исследований целесообразнее использовать минеральные грунты, поскольку низкая доля органического вещества позволяет изучать его взаимодействия без осложнения эффектами полимолекулярной адсорбции и конформации макромолекул на поверхности глин.

Цель нашей работы заключалась в экспериментальном исследовании поверхностных свойств отдельных компонентов глинистого грунта, изменяемых под действием вносимого и присутствующего органического вещества в двух разновидностях: гидрофильной и гидрофобной. Органическое вещество, участвующее в экспериментах, подразделено на 3 группы: вещество активных биопленок, углефицированное и гумусовое. Вещество биопленок обладает большим количеством гидрофильных групп. Моделью такого вещества в эксперименте служил агар-агар, а также использовалась стимуляция естественных биопленок питательной средой R2. Углефицированное вещество в глинах обладает гидрофобностью и образует четко локализованные скопления. Моделью такого вещества служил угольный порошок. Гумусовые вещества амфифильны и имеют тенденцию занимать большую внутреннюю поверхность грунтов (Милановский, 2006). Гумусовые вещества присутствовали в части экспериментальных образцов в силу условий залегания. Были использованы 8 минеральных компонентов глинистого грунта: каолиновый, монтмориллонитовый, слюдистый, полевошпатный, карбонатный, гипсовый, кварцевый, глиноземный. На их основе были созданы искусственные сочетания и подобраны естественные комбинации. Эксперименты с биопленками длительностью 1 месяц проводились на пластинках и порошках образцов при $+12 \pm 2^\circ\text{C}$. Оценивали содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91), контактный угол смачивания (КУ) методом прикрепленного пузырька по авторской схеме (пат. РФ № 2744463), степень агрегированности дисперсных грунтов по Бэйверу (ГОСТ Р 56353-2015). Повторность измерения КУ на каждом типе поверхности составила от 32 до 197. Поверхностные свойства определялись по параметрам статистического распределения КУ. Статистическая обработка измерений КУ проводилась с использованием распределения Тихонова – фон Мизеса, в котором параметрами распределения служили среднее направление и параметр концентрации, однозначно связанный с СКО.

Таблица – Параметры распределения контактного угла смачивания некоторых исследованных компонентов глинистого грунта

Компоненты	КУ, среднее направление	минимум	максимум	СКО
Монтмориллонитовый	43	23	67	9
То же в смеси с углем 99:1	39 (две моды: 40 и 120)	28	124	10
То же в смеси с углем 6:4	49 (две моды: 40 и 116)	32	138	27
То же, дегидратация	37	25	89	9
Карбонатный	32	28	38	3
То же и биопленки	37	24	53	7
Гипс	40	27	57	6
То же и биопленки	43	30	81	12
Сланец = п.ш., слюда, монт., органика	62 (две моды: 43 и 97)	33	169	26
То же и биопленка	56 (две моды: 46 и 120)	37	138	22
То же, дегидратация	51 (две моды: 43 и 115)	31	144	23
Глина = каолинит, кальцит, п.ш., слюда, органика	37	30	51	5
То же и биопленки	43	32	74	7
То же, дегидратация	44	32	90	8

Выявлена зависимость типов и параметров статистических распределений КУ от факторов эксперимента. Минеральные поверхности, в основном, были смачиваемыми, но образцы слюды имели гидрофобные участки. Жесткая фиксация частиц на поверхности шлифованных минеральных пластинок приводила к более неоднородному распределению смачиваемости в тех случаях, когда образцы содержали гидрофобные группы. Дегидратация минеральных образцов приводила к росту их гидрофобности. Смешивание гидрофильных органического вещества и гидроокиси алюминия приводило к появлению гидрофобных участков с высокоугловой модой 115°. Воздействие биопленок привело к гидрофилизации и снижению неоднородности смачиваемости поверхности на образцах слюды и кварца, а на образцах гипса++ наблюдалась обратная картина. Угольные частицы обладали смешанной смачиваемостью, достигая угла 139° на отдельных участках. Смешивание с гидрофильным монтмориллонитовым компонентом приводило к снижению гидрофобности только при концентрации угля менее 1% к весу смеси. В сланцевом образце, сложенном монтмориллонитом, слюдой и полевыми шпатами с 5% органического вещества наблюдалась супергидрофобность (КУ до 169°), которая несколько снижалась под действием биопленок и отжига. При стимуляции биопленок во всех вариантах появились участки грунта с пониженной смачиваемостью, что коррелировало с появлением в дисперсных грунтах водопрочных агрегатов размером более 60 мкм за счет укрупнения частиц 10-60 мкм. Учитывая наблюдаемые изменения поверхностных свойств компонентов глинистого грунта при низкой концентрации органического вещества, можно предположить, что эти изменения будут усугубляться при увеличении дисперсности твердой фазы, концентрации органических веществ и времени его взаимодействия с грунтом.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00151 А.

Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г., Мельников Л.В., Крибари Г.А., Гневашев С.Г. Органические компоненты глино-металло-органического комплекса почв лесостепи (теоретические и экспериментальные аспекты изучения). Казань: КГУ. 2007. 248 с.

Милановский Е. Ю. Гумусовые вещества как система гидрофобно-гидрофильных соединений. Дисс... д. биол. наук. Москва. МГУ. 2006.