

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ  
ГЛИНОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ  
ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**Трикоз Л.В., к.т.н., доц., Борзяк О.С., к.т.н., доц.**

*Украинская государственная академия  
железнодорожного транспорта, г. Харьков*

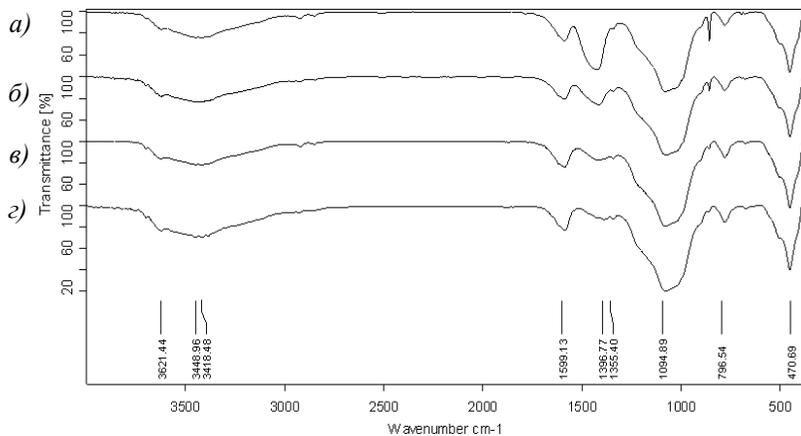
Использование физико-химических принципов для изучения прочности глиносодержащих материалов осуществляется на базе всестороннего анализа их состава и микроструктуры. Эти данные являются основой для выбора соответствующей физико-химической модели, которая позволяет рассчитать прочность индивидуальных контактов и определить тип структурных связей между частицами материала. В свою очередь, знание характера структурных связей, а также минерального состава, дает возможность решать любые прогнозные задачи по оценке изменения прочностных характеристик грунтовых массивов в тех или иных условиях.

По нашему мнению, традиционные взгляды на проблему устойчивости и причины сдвигов грунтовых массивов не вполне отражают движущие силы потери устойчивости откосов, что приводит к их неустойчивому состоянию и повреждению, а вместе с ними – и к повреждению сооружений [1]. Проведенные нами предварительные научно-исследовательские работы обнаружили, что фундаментальные положения физико-химической механики дисперсных систем с достаточной степенью точности позволяют оценить и спрогнозировать поведение массивов грунта при отсутствии динамических или больших статических нагрузок. В основу разрабатываемой теории были положены представления об электрофорезе и потенциале течения как движущих силах перемещения оползней под действием собственного веса [1÷4]. Для глинистых грунтов возникают дополнительные электрофоретическая составляющая, а также составляющая отталкивания между частицами глины и противоионами двойного электрического слоя в слоях воды между ними, которые могут намного превышать сдвигающую силу от веса грунта. Это вызывает необходимость учитывать их, после соответствующих дополнительных исследований, при расчетах устойчивости откосов и склонов, а также разработки новых материалов для отсыпки насыпей и усиления эксплуатируемых насыпей и склонов на

основе развитых нами принципов физико-химической механики дисперсных систем и материалов.

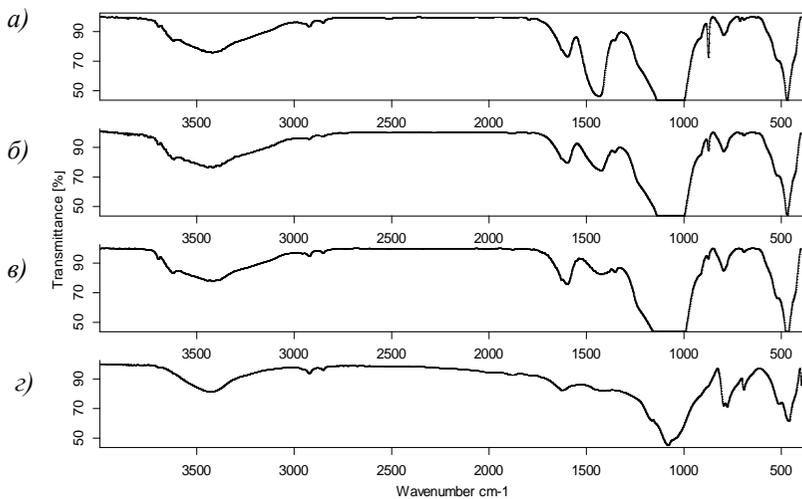
Влажные грунты насыпи являются дисперсной системой из глинистых и песчаных частиц, имеющих отрицательный поверхностный заряд. Потенциалопределяющие ионы (ПОИ) этих частиц  $\text{OH}^{-1}$  и ионы металлов вместе с молекулами ближних к ним слоев воды образуют двойной электрический слой (ДЭС). Нами предположено, что разупрочнение грунтовых материалов связано с накоплением избыточного заряда внизу насыпи за счет выноса противоионов диффузной части ДЭС дождевыми или грунтовыми водами, электрофоретического перемещения частиц глины за счет возникшей разницы потенциалов и отталкивания одноименно заряженных частиц глины. При фильтрации воды по склону катионы – положительные ионы – с поверхностными слоями воды перемещаются к подножию насыпи и оттуда растекаются по земле по диффузионному механизму за счет разности концентрации ионов. В результате у подножия насыпи накапливается избыточный положительный потенциал, а наверху насыпи – отрицательный по отношению к нему. Возникшая разность потенциалов может привести к появлению известного электрокинетического явления – электрофоретического перемещения отрицательно заряженных частиц грунта в сторону избыточного положительного заряда (потенциала), то есть вниз.

Для выявления изменений, произошедших в структуре глинистых материалов при фильтрации воды, были выполнены следующие эксперименты. Модель грунтового массива в виде склона подвергалась воздействию фильтрации воды в течение года. Затем анализировалась структура образцов исходной глины, а также образцов, взятых из разных частей модели насыпи – сверху, из середины, снизу. О структурных изменениях судили по инфракрасным спектрам указанных образцов. Было проанализировано изменение спектров поглощения, характерных для  $\text{Ca-O}$  ( $1410-1450$  и  $875-880 \text{ см}^{-1}$ ), валентных колебаний  $\text{Si-O-Si}$  тетраэдров кремнекислородного каркаса ( $1094-1108 \text{ см}^{-1}$ ), валентные и деформационные  $\text{Si-O}$  и  $\text{Si-O-Si}$  колебания тетраэдров кремнекислородного каркаса ( $1200-1100$  и  $530-460 \text{ см}^{-1}$ ),  $\text{Si-O-Si}$  колебания колец  $\text{SiO}_4$  - тетраэдров ( $830-750 \text{ см}^{-1}$ ), деформационные колебания связей  $\text{Me-O}$  ( $467$  и  $524 \text{ см}^{-1}$ ),  $\text{OH}$ -валентные и деформационные колебания свободной и связанной воды ( $3100-3500$  и  $1580-1680 \text{ см}^{-1}$ ). Образцы грунтов, взятые сверху, из середины и низа насыпи, сравнивались с образцом исходной глины и чистым кварцем. Изменение в спектрах поглощения приведены на рис.1, 2.



*а) верхняя часть массива; б) середина массива; в) нижняя часть массива; з) исходный глинистый грунт*

**Рис.1. ИК-спектры образцов**



*а) верхняя часть массива; б) середина массива; в) нижняя часть массива; з) кварц*

**Рис.2. ИК-спектры образцов**

Согласно [5], устойчивой структура является в том случае, если каждый ион соприкасается только с ионом противоположного знака. Изменение координации элемента сопровождается изменением межатомных расстояний и энергетического состояния валентных электронов, приходящихся на одну связь. Замещение одного атома на другой или изменение координационного числа вызывает смещение по шкале частоты колебания пары атомов. Уменьшение координационного числа катиона приводит к уменьшению межатомных расстояний и увеличению динамических коэффициентов, обычно сопровождаемое повышением характеристической частоты. И наоборот, чем больше координационное число, тем больше плотность и соответственно свойства вещества ближе к металлическим, при этом характеристическая частота снижается.

### *Заключение*

Анализируя изменение в ИК-спектрах для образцов глин с модели насыпи (рис. 1, *a-в*) по сравнению с ИК-спектром исходной глины (рис. 1, *г*), наблюдаем увеличение количества непрочно связанной воды и смещение колебаний ОН-групп в область более низких частот, что свидетельствует о повышении количества противоионов диффузной части именно в нижней части модели грунта. Также в нижней части насыпи появились полосы, связанные с ассоциацией групп ОН катионами металлов. Сравнивая ИК-спектры чистого кварца (рис. 2, *г*) с линиями ИК-спектров образцов глин с модели насыпи (рис. 2, *a-в*), видим смещение полос, характерных для валентных колебаний Si-O и C-O, в область больших частот, что свидетельствует об ослаблении связи между ионами.

Таким образом, физико-химические исследования подтвердили термодинамические представления о вынесении потоком воды противоионов диффузной части ДЭС вниз к подножию насыпи и разуплотнения при этом глиносодержащих материалов как за счет электрогомогенного отталкивания самих частиц грунта, так и за счет сверхэквивалентного накопления катионов. Под электрогомогенным отталкиванием мы понимаем, согласно [6], отталкивание одноименно заряженных частиц глины. Это приводит к развитию оползневых процессов и нарушению устойчивости грунтовых массивов в целом.

Сформулированные гипотезы являются основанием для разработки физико-математических моделей изменения свойств неустойчивых грунтов и возникновения дополнительных сил сдвига в условиях обводнения на основе развитых в исследовании принципов физико-

химической механики дисперсных систем и материалов. Развитие теории и практического применения методов оценки и управления природными рисками снижает последствия и вред, связанный с развитием опасных геологических процессов (оползней, селей, сдвигов и др.), и позволяет вырабатывать и принимать необходимые управленческие решения по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

### Summary

**The structure of clay contain materials was studied by infra-red spectroscopy. The structure changed because of water filtration through clay. The comparison of infrared spectrums demonstrated that the structure of lower part is the less compact than the structure of top part of ground model.**

### *Литература*

1. Плугин, А.Н. Развитие некоторых аспектов коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов применительно к устойчивости откосов и склонов [Текст] / А.Н. Плугин, Л.В. Трикоз, О.С.Герасименко, А.А.Плугин, Д.А.Плугин, Ал.А.Плугин // Вісник ДНУЗТ ім.акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип.39. – С.150–156.
2. Трикоз, Л.В. Коллоидно-химические основы нарушения устойчивости глиносодержащих грунтовых материалов [Текст] / Л.В. Трикоз // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127. – С. 184-192.
3. Трикоз, Л.В. Исследование механизма сдвига массива грунтов [Текст] / Л.В. Трикоз, О.С.Герасименко, И.А. Козеняшев // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 125. – С. 165-171.
4. Трикоз, Л.В. Теоретические предпосылки создания грунтоносодержащих материалов [Текст] / Л.В. Трикоз, О.С.Герасименко, И.А. Козеняшев // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 138. – С. 85-90.
5. Плюснина, И.И. Инфракрасные спектры минералов [Текст] / И.И. Плюснина. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1976. – 175 с.
6. Основы теории твердения прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: Монография в 3-х тт. Т.3. Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.А. Калинин и др.]. – К.: Наукова думка, 2012. – 287 с.