

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ И СВОЙСТВ СИСТЕМЫ ГРУНТ-МЕТАЛЛ

*Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия,
ул. Институтская 8, г. Волгоград, 400002, Россия*

Разность потенциалов, возникающая при контакте металла с пористыми системами типа почвогрунтов, играет существенную роль во многих физико-химических и биологических процессах (коррозия металлов и бетонов, перенос влаги и питательных веществ при контакте с корнями растений, разложение промтоходов при их захоронении).

В связи с этим представляют интерес результаты опытов в модельной ячейке, состоящей из двух разнородных металлических полос (электродов) со слоем грунта переменной влажности между ними.

Ячейка представляла собой естественную гальваническую систему. Исследовалось изменение омического сопротивления R , силы тока i и разности электродных потенциалов во времени $\varphi = f(t)$. Использовались типовые почвы (суглинки и супесь) и тонкодисперсная меловая порода с большим содержанием частиц коллоидного размера. Влажность менялась в пределах пластичного состояния почвогрунтовок, то есть при коэффициенте консистенции $0 \leq J \leq 1$. Электродами служили наиболее часто используемые в практике металлы: углеродистая сталь, низколегированная сталь, алюминий.

Опыты проводились при температуре от $+20$ до -8°C . Выбор электродной пары диктовался также необходимостью получить соизмеримую разность потенциалов $\varphi = \varphi_{12} - \varphi_{23}$, где φ_{12} и φ_{23} – электродные потенциалы на границах электродов с грунтом.

Измеряемая разность потенциалов по данным [1–3] составляет 0,01–0,5 В в зависимости от вида электрода и состояния пористой среды.

При неравномерном распределении растворимых солей (и соответствующих поровых концентраций) появляется концентрационный потенциал, а в трехфазной системе (грунт – вода-воздух) – капиллярный потенциал. При капиллярном перемещении влаги возникает дополнительный потенциал течения. Величина поверхностного натяжения, определяющая величину капиллярного потенциала, в соответствии с известным уравнением Липпмана, зависит от электрического потенциала системы. Указанные потенциалы накладываются определенным образом на величину φ и поэтому в первом приближении измеряемая величина φ является некоторой интегральной характеристикой ячейки.

Цель исследования заключалась в оценке возможности влияния электрических полей, возникающих в подобных системах (при отсутствии внешнего электрического поля), на перемещение поровой влаги, связи изменения сопротивления и тока в ячейке с процессами примерзания и величиной энергетического потенциала пористых систем типа почвогрунтов.

Изменение омического сопротивления R – показатель переноса влаги к катоду. В опытах доказана возможность электроосмотического перемещения влаги в пластичных грунтах при интегральной напряженности $E = (0,01 - 0,03)$ В/см. Ряд исследователей для электроосмотического переноса влаги за счет внешнего электрического поля приводят пороговые напряженности $E = (0,05 - 0,9)$ В/см.

По мнению авторов, вопрос о нижнем пороге напряженности тесно связан с длительностью воздействия поля с учетом медленного развития реологического течения в пористых средах.

На рис. 1 показана зависимость скорости изменения омического сопротивления $\Delta R / \Delta t$ от времени t для мела. При влажности меньшей полного влагонасыщения породы, отмечались четкие периоды падения этой скорости до нуля. Подобные явления наблюдались и на суглинистых почвах.

Возможно следующее объяснение механизма протекания автоэлектроосмотического процесса и связанного с этим указанного изменения. Перенос влаги может происходить под действием

электрического, капиллярного и температурного потенциала. При температуре ниже нуля заметное влияние температуры может быть связано с большой разностью теплоемкости и теплопроводности контактных поверхностей. Это приводит к миграции влаги к более холодной поверхности. В модельных опытах этим можно пренебречь ввиду двустороннего металлического контакта.

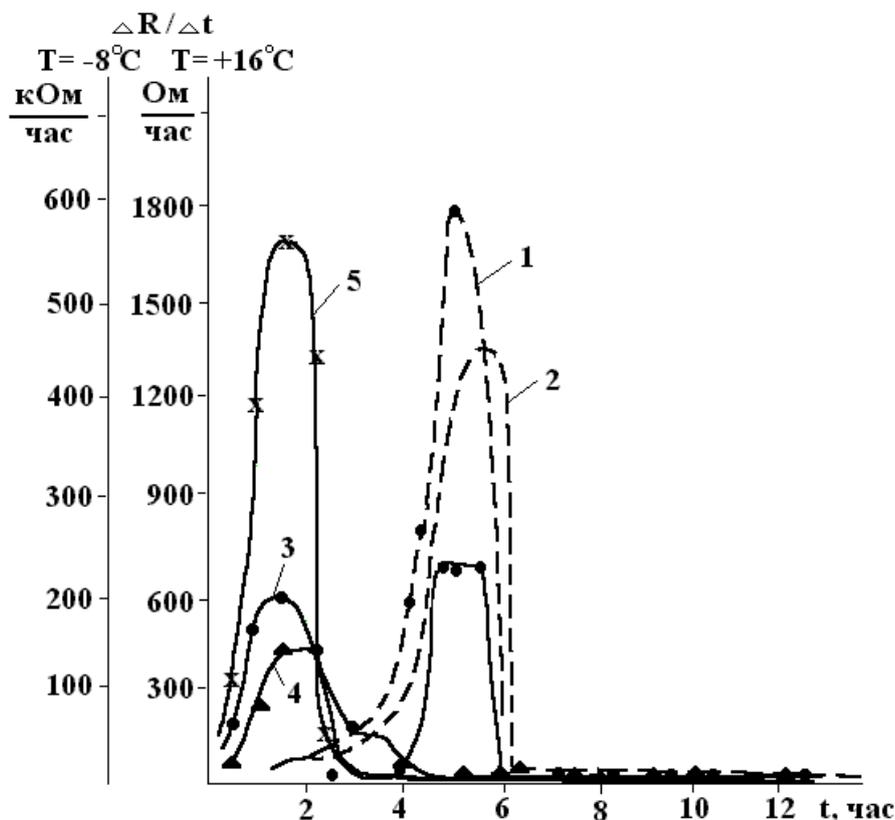


Рис. 1. Зависимость скорости изменения омического сопротивления ячейки (сталь-меловая порода) $\Delta R/\Delta t$ от времени t при температуре $+16$ и -8°C (штриховая линия) при влажности, выраженной через показатель консистенции J : 1, 3 – 0,4; 2, 4 – 0,7; 5 – 1.

По мере оттока влаги от анода, капиллярное давление (с учетом неравномерности влаги по объему) может вызвать перенос влаги, сопоставимый с электроосмотическим переносом неразрывного потока.

Как известно, имеется оптимальное соотношение толщины диффузной влаги двойного электрического слоя на границе твердой и жидкой фаз с поперечным сечением капиллярных пор, при котором электроосмотический поток достигает максимума. То есть существует оптимальная влажность пористой среды, при которой электроосмотическая скорость максимальна и осушение прианодного пространства происходит быстрее. Ввиду полидисперсности грунтов каждому значению влажности соответствует свое количество капилляров с условиями, близкими к оптимальным. Перенос влаги начинается с этих оптимальных зон. В других незаполненных зонах капиллярный потенциал может противодействовать электрическому. После достаточно резкого снижения потока влаги происходит выравнивание капиллярного потенциала по объему с одновременным заполнением пор наименьших размеров. Такой “латентный” период требует определенного времени для достижения равновесия.

В незаполненных порах возможен перенос ионов в пограничном слое, вследствие чего могут образовываться локальные участки с противЭДС. Этими, протекающими во времени процессами (до возможно близкого к оптимуму соотношения слоев диффузной и свободной влаги), можно объяснить характер скорости изменения R .

При $\Delta R/\Delta t=0$ электроосмотический перенос отсутствует (хотя перенос ионов имеется). Можно считать, что в это время происходит структурная перестройка системы на основе отмеченных выше явлений. При температуре ниже нуля по истечении некоторого времени перестройка связана с образованием зародышей льда и кристаллизацией свободной влаги. Диффузная

влаги различной энергетической связи замерзает при более низкой температуре (вплоть до (-6) – (-8) °С) и требует большего времени для кристаллизации.

Неравномерное образование льдистых кристаллов и возможность образования новых микрогальванических пар в системе влага-лед-минеральная частица нередко приводит к перезарядке системы. Это иллюстрируется рис. 2, где дана зависимость скорости изменения потенциала $\Delta\varphi / \Delta t = f(t)$ от времени для суглинка при $T = -6^\circ\text{C}$.

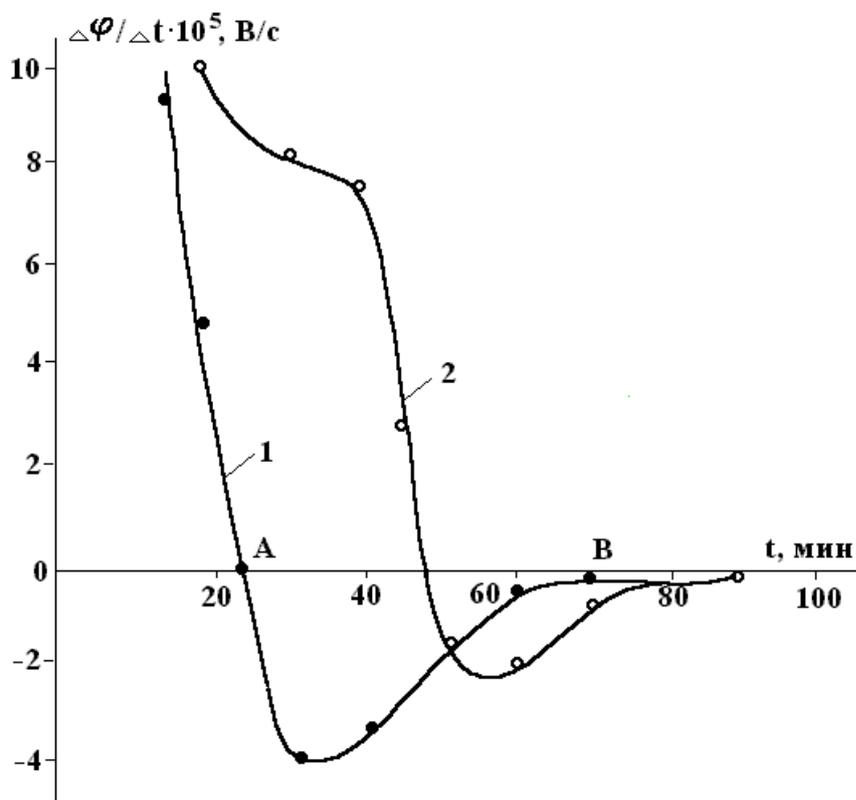


Рис. 2. Зависимость скорости изменения электрического потенциала $\Delta\varphi/\Delta t$ от времени для суглинка при температуре -6°C и влажности 20 (1) и 60% (2).

Достижение нулевых значений $\Delta\varphi/\Delta t$ и изменение знака (переход через нуль) соответствует замерзанию свободной влаги и может иметь практическое применение, например, служить сигналом для примерзания влажной массы к кузову транспортного средства при перевозке. Удельное омическое сопротивление исследованных грунтов для мела – 100–200 Ом·м, для суглинков – 30–100 Ом·м (при влажности пластичного состояния и (+16) – (-20°C)). При замерзании сопротивление увеличивается на 2–3 порядка.

Опыты показали, что: максимальная начальная разность потенциалов соответствует консистенции $J = 0,4-0,7$; наибольшее количество электричества (за время до 20 часов) $Q = \int idt$ соответствует $J = 0,7 \pm 0,1$; наибольшее значение давления набухания p соответствует интервалу $J = 0,4-0,7$; изменение электрического потенциала во времени носит экспоненциальный характер и может быть выражено зависимостью $\varphi = \Phi \exp(-bt)$, где Φ – начальное значение потенциала, b – показатель, меняющий свою величину в соответствии с интервалами изменения сопротивления R . В опытах отмечаются 2–3 таких интервала, по-видимому, связанных с рассмотренными выше структурными изменениями. При $\Phi = 0,11-0,14$ В величина $b = 0,03-0,07$ при положительной температуре (в пределах 20 часов).

Интересно сопоставить энергетические параметры различных процессов в почвогрунтах, имеющих в основе ионно-молекулярное взаимодействие. Для этого сравним ориентировочные значения удельных работ в процессах набухания, капиллярного и авто электроосмотического перемещения влаги. Принимая для слабонабухающих грунтов коэффициент набухания $K = 2-5\%$ при давлении набухания $p = (2-20) \cdot 10^4$ Па [1, 2], получаем удельную работу набухания $A_n = (0,4-10) \cdot 10^{-3}$ Дж/см³.

Удельная работа капиллярного потенциала $A_k = 2\sigma/r$. Приняв радиус капилляра $r = 10^{-3}$ см, а величину поверхностного натяжения $\sigma = 0,7 \cdot 10^{-3}$ Н/см, получим $A_k = 14 \cdot 10^{-1}$ Дж/см³.

Удельная работа электрического поля $A_s = Q\varphi$. Для опытных значений $Q = (0,1-0,5)$ Кл/см³ и $\varphi = (0,1-0,15)$ В получаем $A_s = (10-70) \cdot 10^{-3}$ Дж/см³.

Очевидно, что подобные опыты с замерами электродных параметров в многофазных пористых системах помогают существенно расширить представления о их временных структурно-механических и физико-механических изменениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Ю.И. Оценка потенциала набухания – усадки глинистых грунтов Центрального Предкавказья // Геоэкология. 1997. № 3. С. 92–99.
2. Макеева В.И., Латицкий С.А. Характер и природа давления набухания // Почвоведение. 1993. № 9. С.75.
3. Григоров О.Н. Электрокинетические явления. Л., 1973.

Поступила 26.01.2000

Summary

The experimental results of changes in time of current, potentials' difference and ohmic resistance in closed cells, simulating a contact of variously moisturized soils with steel surfaces are presented. The data on the nature of electrokinetic phenomena in similar multi-phase systems are obtained.

И.М. Панченко, М.С. Панченко, А.Л. Панасюк, А.С. Мосиевич

Часть 1. СТАТИЧЕСКИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЛАЖНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

*Ровенский государственный гуманитарный университет,
ул. Остафова, 39, г. Ровно, 266000, Украина*

Химия неорганических полимеров изучает неорганические соединения и разнообразные их композиции, которые достаточно распространены в природе и широко применяются на практике. Достаточно напомнить, что примерно 77% земной коры представляют полимерные соединения кислорода, кремния, алюминия, железа и других элементов.

Среди неорганических полимеров встречаются вещества с исключительно ценными свойствами. Для одних характерна высокая термостойкость, твердость, ценные механические и диэлектрические свойства, иным присуща эластичность. Поэтому неорганические полимеры вызывают большой интерес у химиков и технологов [1].

К неорганическим полимерам относятся высокомолекулярные неорганические системы, макромолекулы которых состоят из неорганических главных цепей (для линейных полимеров) или неорганического основного скелета (для плоскостных и пространственных полимеров) и не имеют боковых органических радикалов. Характерной особенностью основных цепей и скелета неорганических полимеров есть наличие ковалентных связей между атомами, которые их образуют. Между цепями и скелетными структурами существуют ионные и прочие связи нековалентной природы.

© Панченко И.М., Панченко М.С., Панасюк А.Л., Мосиевич А.С., Электронная обработка материалов, 2000, № 3, С. 37–43.