

Литература

1. Обухов А. Я., Ефремова Л. Л. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: Материалы 2-й Всесоюзн. конф. М., 1988. Ч. 1. - С. 23.
2. Паташова Е.С. Пространственное распределение тяжелых металлов в почвах г. Изобильного // Географические проблемы развития стран и регионов: Сборник материалов международной научно-практической конференции / Под редакцией проф., д. геогр. н. Н.А. Щитовой. – Ставрополь, 2023. – С. 201-205.
3. Паташова Е.С. Эколого-геохимические особенности почвенного покрова рекреационных территорий г. Изобильный // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля: электронное издание, Санкт-Петербург, 07–09 апреля 2023 года / Санкт-Петербургский государственный университет, Институт Наук о Земле, Профсоюзная организация студентов и аспирантов СПбГУ. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. – С. 123-127.

ТРЕХФАЗНАЯ И ГЕЛЕВАЯ МОДЕЛИ ПОЧВ В АНАЛИЗАХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Сухарев Алексей Игоревич, студент 3 курса кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Ушкова Дарья Александровна, магистр 1 года кафедры географии почв обучения факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель: Федотов Геннадий Николаевич, д.б.н., ведущий научный сотрудник кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

В настоящее время большинство представлений в физике почв базируется на трехфазной модели (далее — ТМП), основанной на существовании в почвах трех агрегатных состояний: твердого (минеральные и органические частицы), жидкого (почвенный раствор) и газового (почвенный воздух).

В последние десятилетия для объяснения полученных результатов стали активно привлекать гелевую модель почв (далее — ГМП), которая основана на том, что почвенные частицы являются сложными образованиями и состоят из более мелких частиц, покрытых и связанных между собой почвенными гелями [1], основой которых являются надмолекулярные образования (кластеры), состоящие из гуминовых веществ (ГВ) [2].

Целью настоящей работы является анализ физических свойств почв с позиции гелевой модели почв.

Предлагается вначале рассмотреть некоторые наблюдаемые для почв явления с позиций ТМП.

Для дисперсных систем известно явление реопексии. Оно заключается в увеличении динамической вязкости при росте напряжений сдвига. Однако единого общепринятого объяснения реопексии нет. Будучи характерной и для почв, реопексия в них проявляется в увеличении вязкости почвенных паст при увеличении степени механического воздействия на эти пасты [3]. С точки зрения ТМП объяснить реопексию для почв достаточно трудно.

Следующий пример касается одной из почвенно-гидрологических констант — влажности разрыва капилляров (ВРК). Как известно, физический смысл ВРК с позиций ТМП заключается в разрыве сплошного гидродинамического каркаса в капиллярах [3]. Это должно означать, что удельная электропроводность почвенных образцов при достижении ВРК должна скачкообразно меняться, поскольку происходит разрыв проводящей среды. Однако эксперименты этого не подтверждают (рис. 1).

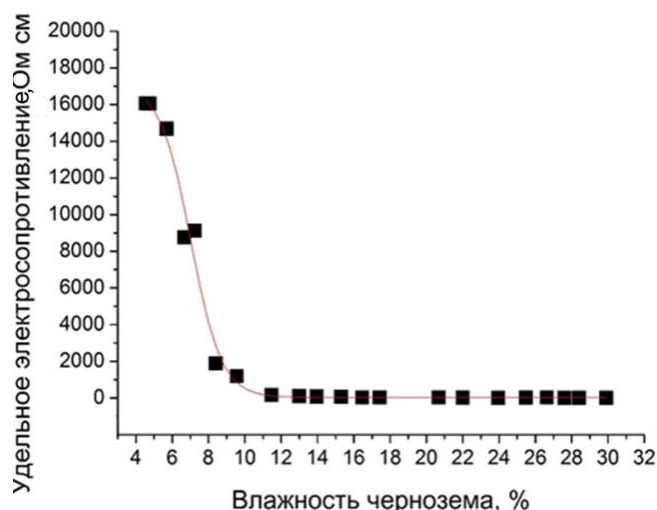


Рис. 1. Зависимость электрического сопротивления почв от влажности

В качестве последнего примера рассмотрим процесс взаимодействия воды с почвой. С точки зрения термодинамики самопроизвольно вода может переходить из одной фазы в другую тогда, когда химический потенциал воды в одной фазе выше, чем в другой.

Исходя из приведённого выше совершенно логично предположить, что образец влажной (0,7-0,8 НВ) почвы, помещённый в эксикатор с чистой водой, перестанет поглощать влагу, когда уравниются потенциалы воды в жидкой фазе почвы и в воздухе внутри эксикатора. Однако было экспериментально установлено, что почвенные образцы влажностью 0,7-0,8 НВ, вопреки термодинамическим представлениям, не поглощают влагу из паровой фазы эксикатора, а сохнут. В качестве примера приведены данные, полученные нами для чернозёма (рис. 2). С точки зрения трёхфазной модели объяснить причины данного неравновесного процесса не представляется возможным.

Можно объяснить явление реопексии для почв с помощью ГМП. Полученные данные (рис. 3) свидетельствуют, что при росте числа оборотов размер частиц в пасте не падает, а растёт. По всей видимости, это обусловлено разрушением гелей на поверхности почвенных частиц с отделением от них кластеров гуминовых веществ и последующим формированием новых фрагментов гелей в пасте. Фрагменты гелей включают в свой состав воду, уменьшая количество кинетически свободной воды, тем самым увеличивая вязкость паст. Таким образом, объяснение с позиций гелевой модели почв выглядит вполне логичным.

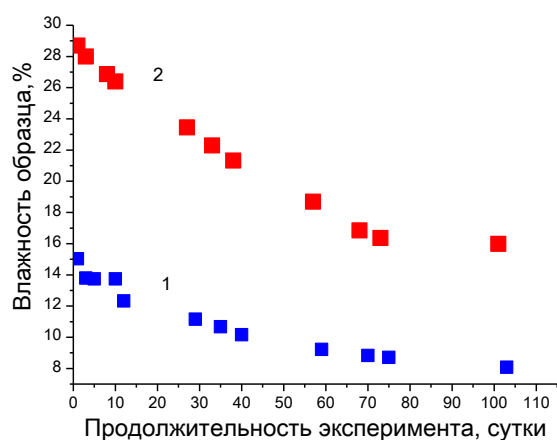


Рис. 2. Высушивание почв в эксикаторе

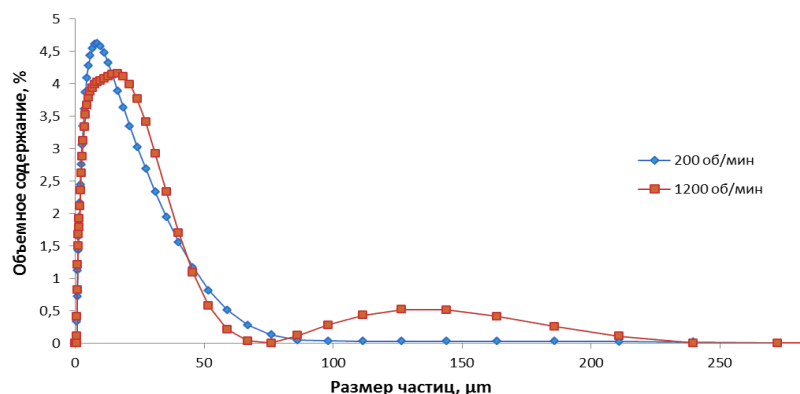


Рис. 3. Гранулометрический состав почвенного образца

Объяснить отсутствие скачка электропроводности при достижении ВРК можно, если принять, что часть воды в капиллярах теряет подвижность, но не электропроводность. Единственным объяснением этому является существование части воды в почвах в составе малоподвижного геля, который выстилает собой поверхность капилляров. Нарушение сплошности водного каркаса ведёт к прекращению протекания тока по воде капилляров, однако сохраняется возможность его прохождения по воде в гелях. Поэтому скачка при достижении ВРК не наблюдается.

Объяснить потерю влажными почвами воды при их нахождении в эксикаторе с водой с позиций термодинамики можно, только если принять образование гидрофобной поверхности почвенных частиц при испарении из них воды. В основе механизма данного явления лежит амфифильность частиц-молекул ГВ, показанная в исследованиях [4]. По представлениям, основанных на термодинамике, можно говорить о том, что при достаточно высоких влажностях дифильные частицы-молекулы ориентированы друг к другу гидрофобными участками, а на поверхность, т. е. на контакт с водой, выходят их гидрофильные участки. При снижении влажности ниже критического значения ситуация меняется на противоположную, так как капилляры оказываются заполнены не водой, а воздухом, в силу чего становится более термодинамически выгодно, чтобы частицы-молекулы контактировали через гидрофильные участки, а к поверхности были ориентированы гидрофобными участками. Таким образом, когда вода покидает участок геля, в нём происходит структурная перестройка, ведущая к гидрофобизации поверхности почвенной частицы. В свою очередь, обратному процессу — попаданию воды в гель из паровой фазы как раз препятствует образованная гидрофобная поверхность. Это и обуславливает потерю влаги почвой в эксикаторе.

Литература

1. Тюлин А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений, Москва: АН СССР, 1958. — с. 52.
2. Федотов Г.Н., Добровольский Г.В. Возможные пути формирования нано- и микроструктур в гумусовых веществах почвенных гелей. Почвоведение, № 8, 2012. — с. 908-920
3. Шеин Е.В. Курс физики почв. Москва: МГУ, 2005. — 432 с.
4. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения, Москва: ГЕОС, 2009. — 186 с.