

CZU 631.6 (470)

ИСКУССТВЕННАЯ ДИСПЕРГАЦИЯ КАК ПРИЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕГКИХ ПОЧВ

А.И. КУЛИКОВ^{1,2}, М.Н. СОРДОНОВА²

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р.Филиппова,

Abstract: Artificial dispersion is used as a method of physical amelioration of the thin soils. The thermodynamic aspects of artificial dispersion of thin soils are considered. Due to field experiments there have been established the following aspects: the ameliorative correction of granulometric structure, parameters of change of soil particles, and also structural - modular characteristics of the soil. Also, there have been developed regressing models describing the response of soils to artificial dispersion and parameters of change of a specific surface. The physical properties of water are shown.

Key words: Granulometric structure, Physical amelioration, Physical properties of water, Specific surface, Thermodynamic aspects.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы легкого гранулометрического состава характеризуются неблагоприятными агрофизическими свойствами, что обуславливает в числе других причин их низкую продуктивность. Для оптимизации почвенных свойств традиционно применяют физические мелиоранты. Эти приемы, известные как приемы «сухой» или физической мелиорации, сводятся к глинованию легких и пескованию тяжелых почв. Достоинством предлагаемого способа

является исключение доставки и внесения экзогенного материала, мелиорантом является собственный материал мелиорируемой почвы. Коррекция неблагоприятного гранулометрического состава почв проводится путем искусственной диспергации почвенных частиц *in situ*. В перспективе это должно проводиться специально сконструированными мельничными аппаратами на механической тяге.

Поверхностная энергия концентрируется в тонком приповерхностном слое почвенной частицы, которая при измельчении частицы становится избыточной по сравнению с энергией внутри нее. Удельная поверхность раздробленных тел растет в кубической прогрессии от степени раздробления. Поверхностная энергия занимает пограничное положение между объемной энергией, имеющей электромагнитную природу и внешней гравитационной энергией. Участие поверхностной энергии в энергетических взаимодействиях сопоставимо с энергетикой теплообмена на поверхности Земли и энергией гравитации (С. Леонов, Г. Полунин, 2000).

На земной поверхности наибольшую вероятность имеют те процессы, которые термодинамически выгодны. Система стремится реализовать из всех возможных исходов тот, который требует минимума энергетических затрат, т.е. системе не все равно, как ей минимизировать энтропию и свободную энергию (С. Курдюмов, Г. Малинецкий, 1983; С. Хайтун, 1994). Чем выше дисперсность системы, тем в большей степени в ней выражено стремление уменьшить свободную поверхностную энергию, поэтому высокодисперсные системы являются неустойчивыми. Стремление этих систем уменьшить свою поверхность вызывает адгезию – слипание. Агрегатообразование - термодинамически выгодный процесс, т.к. при этом свободная энергия почвенных частиц и энтропия почвы в целом снижаются.

МАТЕРИАЛ И МЕТОД

Объект исследований - каштановые супесчаные почвы Забайкалья. Они обычно имеют следующее морфологическое строение (А. Куликов, Г. Челпанов, 1993): $A_1 - B_1 - (B_2) - B_k - (BC_k) - C_k$. Содержание гумуса невысокое, 1,4-1,6%, также невелика емкость поглощения - 14-16 мг-экв./100 г почвы, актуальная кислотность обычно колеблется в пределах 6,5-6,7. В Забайкалье наибольшую встречаемость имеют супесчаные (65%) и легкосуглинистые (30%) каштановые почвы, что определяет их основные водно-физические свойства. Наименьшая влагоемкость (НВ) в гумусовом горизонте обычно колеблется в пределах 13-19 % от объема почвы. В верхнем 1-м слое при наименьшей влагоемкости удерживается всего до 200 мм влаги.

Для изучения влияния диспергации на свойства супесчаных каштановых почв предусматривался контрольный вариант - нативная почва (1). Экспериментальные варианты заключались в диспергации почвенного материала в шаровой мельнице и его внесении на микроделянки в количестве: 10 (2), 20 (3), 30 (4), 40 (5) 50 (6) и 100 % (7) от массы почвы. В лабораторных условиях определялись гранулометрический (по Качинскому) и агрегатный (по Саввинову) составы. Удельная поверхность и другие физические свойства почв изучены согласно известным методам (А. Вадюнина, З. Корчагина, 1986).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

При искусственной диспергации рост дисперсности легкой каштановой почвы происходит за счет измельчения песчаных фракций, о чем свидетельствует уменьшение их содержания. Одновременно с этим наблюдается рост мелких фракций, начиная уже с фракции крупной пыли, однако наибольшее приращение характерно для средней пыли. Для этой фракции разность между контролем и вариантом с диспергацией 1/2 массы почвы равняется 11,7%, а при 100%-ной диспергации - 15,4%. Пропорционально увеличению содержания тонких фракций возрастает содержание физической глины. При этом изменяется таксономическое положение почв. Супесчаный состав уже при диспергации на 20% сменяется на легкосуглинистый, а при 40%-ной диспергации - на среднесуглинистый.

По мере увеличения дисперсности почв интегральные кривые становятся все более выположенными (рисунок 1), откуда можно заключить, что их гранулометрический состав становится менее однородными, чем в исходном состоянии.

Установлен сдвиг такой структурной характеристики как медиана (d_{50}) влево по оси размерностей. Чем больше измельченность, тем больше сдвиг в область меньших размеров частиц. Это демонстрируется в правом нижнем углу рисунка в прямолинейном масштабе по медиане и так называемого контролирующего диаметра - (d_{60}). С увеличением доли диспергированного материала величина энтропийного показателя возрастает последовательно от 1,258 (исходная почва) до 1,986 бита (50%-ная диспергация). Это свидетельствует об усложнении структурной организации системы и увеличении дифференциации частиц по размерам. Однако при 100%-ной диспергации происходит снижение энтропии до 1,738 бита, что объясняется доминированием среди элементарных частиц фракций одной размерности, в данном случае пылеватых. Для сравнения укажем, что внесение тонкодисперсной цементной пыли также вызывает заметный рост энтропии гранулометрического состава каштановых почв (А. Куликов, Г. Челпанов, 1999).

В пахотном слое удельная поверхность равняется 53–55 м²/г. Однако искусственным увеличением дисперсности, как оказалось, можно довести удельную поверхность до 80 м²/г.

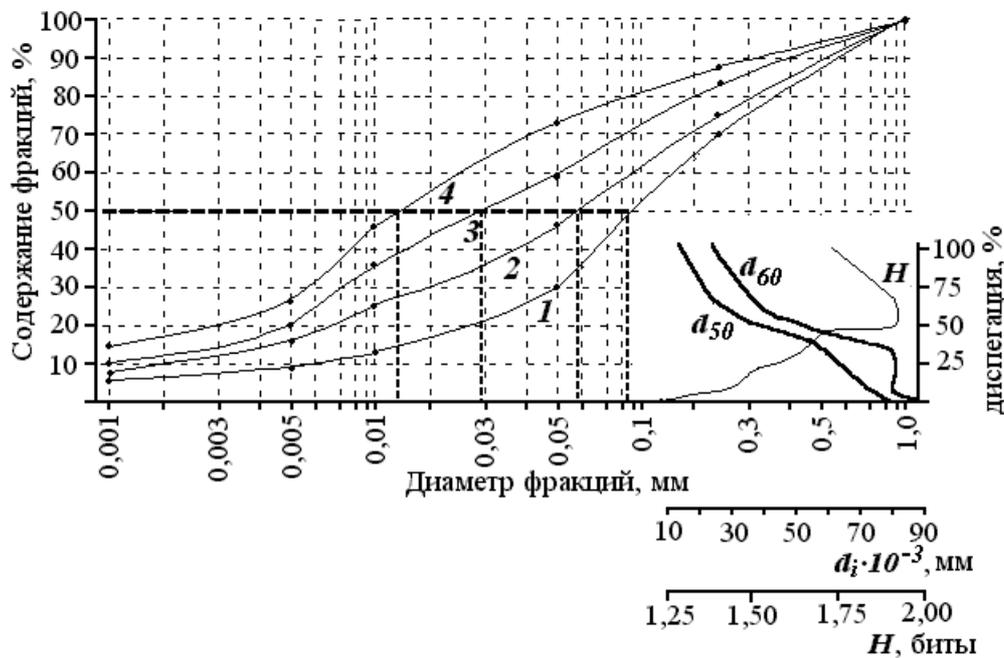


Рисунок 1. Гранулометрический состав каштановой почвы в исходном состоянии (1), при измельчении на 30 (2), 50 (3) и 100% (4) и изменение его структурных характеристик: медианы (d_{50}), контролирующего диаметра частиц (d_{60}) и энтропии (H)

При этом разность между контролем и вариантами с глубокими преобразованиями текстуры достигает существенной величины - 24-27 м²/г.

В исходном состоянии агрегатный состав почв оценивается медианой, равной 0,42 мм, а при диспергации массы почвы на 30, 50 и 100% медианное значение размера агрегатов существенно возрастает и становится соответственно 0,7; 1,8, 1,9 мм. Столь же существенные изменения происходят и контролирующего диаметра d_{60} , его значения в связи с индуцированным увеличением дисперсности возрастают от 0,75 до 2,8 мм. Расчет t -статистики показывает, что положительное влияние искусственной диспергации на агрегатный состав достоверно на уровне доверительной вероятности $P > 0,95$. По результатам обобщения материалов исследований выведены регрессионные уравнения связи параметров агрегатного состояния с содержанием физической глины (x): $y = 42,56 - 2,37x + 0,1416x^2 - 0,002x^3$, $r = 0,992$, где y – количество агрегатов размером > 1 мм; $y = 1,315 + 0,1068x - 0,004x^2 + 0,00005x^3$, $r = 0,985$, где y – коэффициент структурности; $y = \exp(3,627 - 0,0134x)$, $r = 0,979$, где y – количество агрегатов размером $< 0,25$ мм.

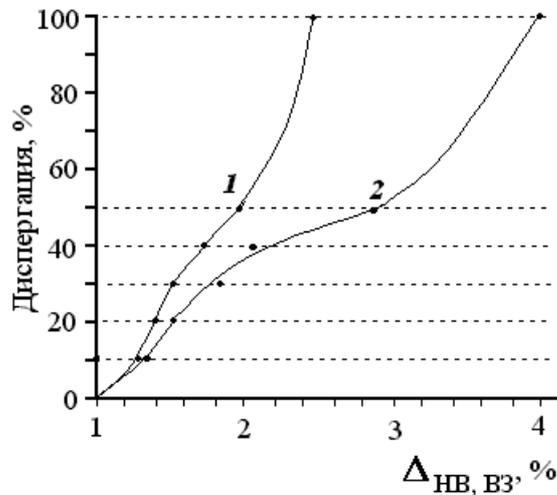


Рисунок 2. Относительная изменчивость ($D_{HB, VZ}$) HB – наименьшей влагоемкости (1) и VZ – влажности завядания (2) при искусственной дисперсии почвы

Относительная величина VZ (D_{VZ}), рассчитанная как отношение их величины при разной степени дисперсии к величине в нативной почве, в функции от дисперсности во всем заданном в эксперименте диапазоне дисперсии всегда нарастает более динамично, чем относительное значение HB (D_{HB}) (рис. 2). Заметим, что соотношение VZ/HB особенно резко увеличивается до 0,45 при измельчении почвы на 50%, достигая 0,54 при измельчении всей массы почвы, тогда как в исходном состоянии это соотношение равняется 0,32. Таким образом, до состояния измельчения почвы на 50% рост HB происходит опережающими темпами, вследствие чего ДАВ – диапазон активной влаги последовательно увеличивается, при дальнейшей дисперсии опережающий темп роста переходит к VZ , что и привело к снижению ДАВ.

ВЫВОДЫ

Искусственная коррекция текстурного состояния путем измельчения почвенных частиц вызывает снижение количества песчаных и увеличение количества илистой и пылеватых фракций с увеличением энтропии гранулометрического состава от 1,258 до 1,738 бит, что указывает на усложнение структурной организации системы. При этом удельная поверхность твердой фазы возрастает от 53,4 до 80,3 м²/г;

Агромелиоративное воздействие на субстратную основу почв вызывает увеличение плотности твердой фазы, оптимизацию соотношения в системе почва-вода-воздух, в результате энергетика удержания поровой влаги в изученном диапазоне измельчения почвы снижается, а водоудерживающая способность и диапазон активной влаги растут, что весьма существенно для сухостепных ландшафтов;

Изменения агрегатного состава проявляется в снижении количества эрозионноопасной фракции с 67,8 до 38,3%. При этом увеличивается связность и комковатость. Отмечается тенденция к формированию условно водопрочных агрегатов. Искусственное увеличение дисперсности является приемом физической мелиорации легких по гранулометрическому составу каштановых почв, способствует агрегатообразованию и служит необходимой предпосылкой повышения противоэрозионной устойчивости и рационального использования имеющегося запаса почвенной влаги.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Вадюнина, А.Ф., Корчагина, З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Изд-во МГУ, 1986, 416 с.
2. Куликов, А.И., Андриянова, Л.В., Нихилеева, Т.П. Статистические модели строения и свойств почв Забайкалья и их численная классификация для прикладных целей (на примере гидротермических параметров). Улан-Удэ, 1993, 63 с.
3. Куликов, А.И., Челпанов, Г.У. Изменение физико-химических и агрохимических свойств каштановых почв в связи с внесением цементной пыли // Агрохимия. № 2, 1999, с. 20-25.
4. Курдюмов, С.П., Малинецкий, Г.Г. Синергетика – теория самоорганизации. Идеи, методы, перспективы. М.: Знание, 1983, 64 с.
5. Леонов, С.Б., Полуниин, Г.В. Физические аспекты геоэкологии. Иркутск, 2000, 363 с.
6. Хайтун, С.Д. Развитие естественнонаучных взглядов о соотношении закона возрастания энтропии и эволюции // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994, с. 158-189.

Data prezentării - 22.10.2011