

## СЕКЦИЯ 2

# ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 631.4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВЫ НА ВЕЛИЧИНУ ПРЕДЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА

С.Ю. Алексеева, С.Б. Лаптева

© Алексеева С.Ю., Лаптева С.Б., 2025

**Аннотация.** В статье на основе проведенных исследований изучено влияние влажности минеральной части дерново-подзолистой почвы на величину предельного напряжения сдвига. Установлено, что с увеличением влажности почвы от 2,3 до 25,4 % величина предельного напряжения сдвига уменьшается с 0,107 до 0,039 кг/см<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** минеральная почва, предельное напряжение сдвига, влажность, метод пенетрации.

Почва – это сложное многокомпонентное полидисперсное образование, состоящее из разнообразных взаимосвязанных частиц, обладающих различными свойствами.

Многокомпонентность почвы заключается в том, что в ней представлены три фазы: твердая (органическое вещество и минеральные частицы), жидкая и газообразная [1].

Полидисперсность почвы объясняется тем, что частицы в ней имеют разнообразную форму и размер от 0,1 мкм до нескольких сантиметров.

Между частицами почвы существуют следующие основные виды структурных связей:

водно-коллоидные – пластичные и обратимые, при увеличении влажности уменьшаются до величины, близкой к нулю;

кристаллизационные – хрупкие (жесткие);

необратимые – водостойкие и неводостойкие [2].

Силы взаимодействия между частицами оказывают влияние на прочностные свойства почвы. В природном состоянии прочность почвы во многом определяется соотношением в ней органической и минеральной

частей. Наибольшее влияние на прочность почвы оказывают влажность и содержание гумуса.

Целью данной работы является изучение влияния влажности почвы на величину предельного напряжения сдвига.

Для исследования были отобраны образцы дерново-подзолистой почвы (горизонт A<sub>2</sub>) в районе Первомайской рощи города Твери.

Механический состав изучаемых образцов был определен полевым методом Н.А. Качинского: дерново-подзолистая почва – супесчаная.

Влажность почвы определяли основным методом в соответствии с ГОСТ 11305-2013 [3]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Определение влажности почвы

| №<br>бюкса | Масса<br>пустого<br>бюкса,<br>г | Масса<br>бюкса<br>с почвой,<br>г | Масса<br>навески<br>почвы,<br>г | Масса<br>бюкса с почвой<br>после сушки,<br>г | Масса<br>воды, г | Относительная<br>влажность,<br>% |
|------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|------------------|----------------------------------|
| 385        | 14,16                           | 20,44                            | 5,28                            | 20,31  | 0,13             | 2,34                             |
| 123        | 15,22                           | 20,65                            | 5,10                            | 20,05  | 0,50             | 9,80                             |
| 265        | 14,28                           | 24,73                            | 10,45                           | 22,88  | 1,85             | 17,7                             |
| 117        | 15,42                           | 22,7                             | 7,28                            | 20,84  | 1,85             | 25,41                            |

Для изучения влияния влажности на прочностные свойства почвы было решено выбрать значения влажности, характеризующие разное состояние почв: от сухого ( $\omega = 2,3\%$ ) до влажного, соответствующего величине предельной полевой влагоемкости ( $\omega = 25,4\%$ ).

Образцы почвы увлажняли, последовательно увеличивая влажность с 2,3; 9,8; 17,7 до 25,4 % .

Предельное напряжение сдвига минеральной части почвы определяли методом пенетрации, или вдавливания конусного наконечника на приборе СПП-1. Конструкция прибора представлена на рис. 1.

Величину предельного напряжения сдвига,  $\text{кг}/\text{см}^2$ , определяли по формуле

$$\tau_k = \frac{P_0 - \Delta P}{h^2} \cdot K,$$

где  $P_0$  – приложенное на конус усилие, кг;  $\Delta P$  – усилие на преодоление сопротивления трения линейки, кг;  $h$  – глубина погружения конуса, см;  $K$  – коэффициент, зависящий от угла при вершине конуса (при  $\lambda = 60^\circ$   $K = 0,214$ ).

Результаты представлены в табл. 2.



Рис. 1. Прибор СПП-1

Таблица 2  
Величина предельного напряжения сдвига

| Влаж-<br>ность<br>почвы<br>$\omega$ , % | Приложенное<br>усилие $P_0$ , кг | Глубина<br>погружения<br>конуса $h$ , см | $h^2$ , см <sup>2</sup> | Предельное<br>напряжение сдвига<br>$\tau_k$ , кг/см <sup>2</sup> | K     |
|---|----------------------------------|--|-------------------------|--|-------|
| 2,34                                    | 0,5                              | 1,4                                      | 1,96                    | 0,055  | 0,214 |
|   | 1,0                              | 1,6                                      | 2,56                    | 0,084  |       |
|   | 1,5                              | 1,9                                      | 3,24                    | 0,099  |       |
|   | 2,0                              | 2,0                                      | 4,0                     | 0,107  |       |
| 9,8                                     | 0,5                              | 1,6                                      | 2,56                    | 0,042  | 0,214 |
|   | 1,0                              | 2,0                                      | 4,0                     | 0,054  |       |
|   | 1,5                              | 2,2                                      | 4,84                    | 0,066  |       |
|   | 2,0                              | 2,4                                      | 5,76                    | 0,074  |       |
| 17,7                                    | 0,5                              | 1,8                                      | 3,24                    | 0,033  | 0,214 |
|   | 1,0                              | 2,2                                      | 4,84                    | 0,044  |       |
|   | 1,5                              | 2,7                                      | 7,29                    | 0,044  |       |
|   | 2,0                              | 2,9                                      | 8,41                    | 0,051  |       |
| 25,41                                   | 0,5                              | 2,3                                      | 5,29                    | 0,020  | 0,214 |
|   | 1,0                              | 2,9                                      | 8,41                    | 0,026  |       |
|   | 1,5                              | 3,1                                      | 9,61                    | 0,033  |       |
|   | 2,0                              | 3,3                                      | 10,89                   | 0,039  |       |

На основании полученных данных построены графики (рис. 2, 3).

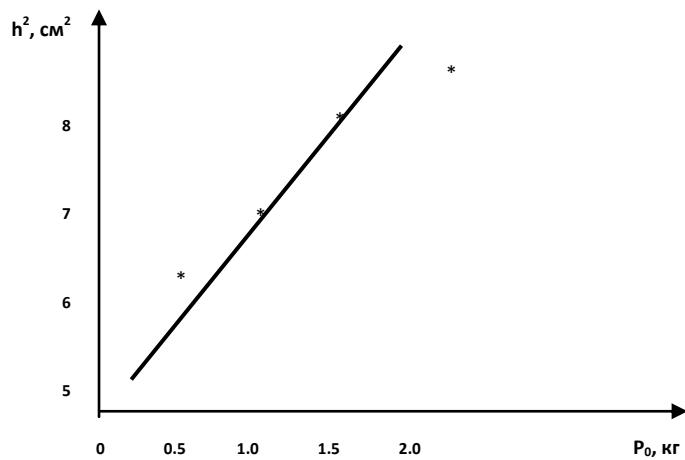


Рис. 2. Зависимость глубины погружения от приложенного усилия

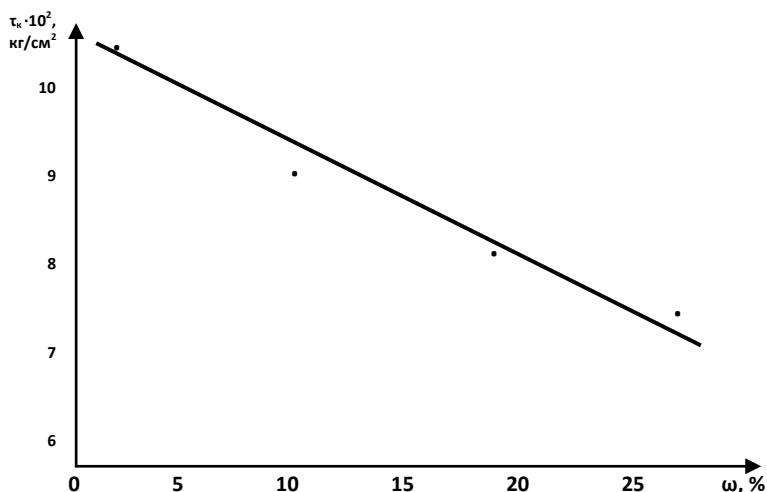


Рис. 3. Зависимость предельного напряжения сдвига от влажности

При небольших изменениях величины внешних давлений от 0,5 до 2,0 кг/см<sup>2</sup> зависимость между деформациями и напряжениями носит линейный характер. Это означает, что предельное напряжение сдвига остается постоянным (см. рис. 2).

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что с увеличением влажности почвы с 2,3 до 25,4 % предельное напряжение сдвига уменьшается с 0,107 до 0,039 кг/см<sup>2</sup> вследствие того, что вокруг почвенных частиц нарастают новые молекулярные слои жидкости, образуя зоны пленочной плотно- и рыхлосвязанной воды. В результате вязкие (водно-коллоидные) связи между минеральными частицами начинают разрушаться (или вязко течь) при довольно небольших усилиях.

## **Библиографический список**

1. Плюснин И.И., Голованов А.И. Мелиоративное почвоведение. М.: Колос, 1983. 318 с.
2. Долматов Б.И. Механика грунтов. Основания и фундаменты. Л.: Стройиздат, 1988. 415 с.
3. Ященко Н.Е., Лаптева С.Б., Алексеева С.Ю. Руководство к лабораторным работам по изучению физико-химических и механических свойств почв. Тверь: ТГТУ, 2008. 64 с.

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF HUMIDITY OF THE MINERAL PART OF THE SOIL ON THE VALUE OF ULTIMATE SHEAR STRESS**

**S.Yu. Alexeeva, S.B. Lapteva**

***Abstract.*** *In the article, based on the conducted research, the influence of the moisture content of the mineral part of soddy-podzolic soil on the value of the ultimate shear stress is studied. As a result of the experiments, it was established that with an increase in humidity from 2,3 to 25,4 %, the value of the ultimate shear stress decreases from 0,107 to 0,039 kg/cm<sup>2</sup>.*

***Keywords:*** *mineral soil, ultimate shear stress, penetration method.*

**Об авторах:**

АЛЕКСЕЕВА Светлана Юрьевна – старший преподаватель кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: syalex75@bk.ru

ЛАПТЕВА Светлана Борисовна – старший преподаватель кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: lapteva77@bk.ru

**About the authors:**

ALEXEEVA Svetlana Yurievna – Senior Lecturer of the Department of Mining, Environmental Management and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: syalex75@bk.ru

LAPTEVA Svetlana Borisovna – Senior Lecturer of the Department of Mining, Environmental Management and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lapteva77@bk.ru