

Ф. М. ШЕМЯКИН и П. Ф. МИХАЛЕВ

**О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ
ПРОСЛОЕК ЛЬДА ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ ПОЧВЫ В СВЯЗИ С
ВОПРОСОМ О ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ**

(Представлено академиком А. Д. Архангельским 27 X 1937)

Стефан Тебер ⁽¹⁾ подробно изучил в лабораторных условиях механизм так называемого «морозного пучения», часто наблюдаемого в областях вечной мерзлоты.

Им было показано, что в этих условиях вода не замерзает равномерно во всей толще грунта. Лед образует различного рода прослойки в виде горизонтальных слоев, спиральных линз, ячеистых структур и т. д. Чаще всего встречается образование периодических горизонтальных прослоек льда, весьма близко напоминающих периодические отложения осадка или так называемые кольца Лизеганга.

Образование периодических прослоек льда при промерзании почвы в направлении от ее поверхности в глубину до настоящего времени еще не получило удовлетворительного объяснения.

Тебер ⁽²⁾ например пишет: «Therefore, it is not possible to give a complete explanation at the present time and only a tentative hypothesis is offered here».

В настоящей работе мы попытаемся дать объяснение периодическому распределению льда при замерзании грунтов, исходя из аналогии, существующей между уравнениями теплопроводности и диффузии.

О равноправном значении концентрации и температуры мы можем сделать также вывод и на основании положений физико-химического анализа, разработанного акад. Н. С. Курнаковым ⁽³⁾. Кроме того хорошо известно, что движение воды в грунте аналогично диффузии раствора и движению тепла в неравномерно нагретом теле.

Интересно указать, что процесс образования периодических прослоек льда совершенно аналогичен процессу образования колец Лизеганга.

Цилиндрический слой глины или другой почвы в опытах Тебера аналогичен цилиндрическому слою желатинной, воды или какой-нибудь другой среды в опытах с кольцами Лизеганга. Роль внутреннего компонента играет вода, равномерно распределенная в почве. Роль внешнего компонента в данном случае играет охлаждение, постепенно распространяющееся с поверхности в глубину почвы.

Эта аналогия делается еще более глубокой, если вспомнить, что химическая реакция не имеет основного значения для образования периодических отложений. Это было доказано многочисленными опытами Геджеса

Таблица 1

№ опытов		I						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5	6		
Расстояние в см	0.35	0.42	0.57	0.70	0.90			
<i>K</i>	1.2	1.3	1.2	1.3				
№ опытов		II						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5			
Расстояние в см	0.10	0.11	0.12	0.15				
<i>K</i>	1.1	1.1	1.3					
№ опытов		III						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5	6	7	
Расстояние в см	0.20	0.25	0.28	0.25	0.35	0.40		
<i>K</i>	1.3	1.1	0.9	1.4	1.1			
№ опытов		IV						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5	6	7	
Расстояние в см	0.20	0.25	0.30	0.42	0.45	0.50		
<i>K</i>	1.3	1.2	1.4	1.1	1.1			
№ опытов		V						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5			
Расстояние в см	0.35	0.50	0.65	0.78				
<i>K</i>	1.4	1.3	1.2					
№ опытов		VI						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5	6		
Расстояние в см	1.0	1.3	1.4	1.6	1.7			
<i>K</i>	1.3	1.1	1.1	1.1				
№ опытов		VII						
№ наслоений льда	1	2	3	4	5	6		
Расстояние в см	0.20	0.20	0.25	0.25	0.30			
<i>K</i>	1.0	1.3	1.0	1.2				

и других авторов (периодическая коагуляция, периодическое высаливание и т. д.).

Все это показывает, что основное значение имеет процесс диффузии внешнего компонента, а в рассматриваемом нами случае процесс постепенного распространения-охлаждения в почве.

Если применить к этому случаю, основываясь на аналогии между уравнениями диффузии и теплопроводности, соотношение, хорошо подтвержденное экспериментально на кольцах Лизеганга и полученное К. Яблжинским (4), то можно вывести закономерность, которой должно подчиняться распределение прослоек льда в опытах Тебера.

Соотношение, аналогичное тому, к которому приходит Яблжинский, в данном случае будет иметь следующий вид:

$$\frac{h_n - h_{n-1}}{h_{n-1} - h_{n-2}} = \text{const}, \quad (1)$$

где h_n —расстояние до n -го слоя, h_{n-1} —расстояние до $(n-1)$ -го слоя и h_{n-2} —расстояние до $(n-2)$ -го слоя.

Это соотношение действительно подтверждается при измерении расстояний между отдельными прослойками льда в столбах почвы по опытам Стефана Тебера. Эти измерения были произведены нами на фото, приведенных в работе Тебера (табл. 1).

В табл. 2 сопоставлены средние константы из всех опытов.

Таблица 2

№ опытов	I	II	III	IV	V	VI	VII
Среднее K	1.25	1.17	1.16	1.22	1.30	1.15	1.13

Среднее из всех опытов 1.2*.

Таким образом эти экспериментальные данные Тебера действительно подтверждают выведенную нами формулу.

Работа продолжается.

Выводы

1. На основании аналогии, существующей между дифференциальными уравнениями диффузии и теплопроводности, выведена закономерность между расстояниями для прослоек льда при «морозном пучении».

2. Эта закономерность подтверждается экспериментальными данными С. Тебера.

Институт общей и неорганической химии и
Коллоидо-электрохимический институт.
Академия Наук СССР.
Москва.

Поступило
27 X 1937.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ S. T a b e r, Journ. of Geol., 37, 428—461 (1929); Н. А. Ц и т о в и ч и М. И. С у м г и н, Основания механики мерзлых грунтов, стр. 57 (1937). ² S. T a b e r, ibid., 458. ³ Н. С. К у р н а к о в, Введение в физико-химический анализ, 9, 442 (1936). ⁴ К. J a b l c z y n s k i, Koll.-ZS., 40, 212 (1926); Н. W. M o r s e a. G. W. P i e r c e, ZS. phys. Chem., 45, 589 (1903).

* Эта величина практически совпадает с величиной константы для колец Лизеганга.