

А. П. ВИНОГРАДОВ

**СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВАХ (К ВОПРОСУ  
О ПРОИСХОЖДЕНИИ ТАК НАЗЫВАЕМОЙ «БОЛЕЗНИ ОБРАБОТКИ»  
ЗЛАКОВ)**

(Представлено академиком В. И. Вернадским 29 III 1940)

Повидимому, Veneta в Голландии в 1855 г. первый описал массовое поражение злаков и других растений, наблюдающееся на болотных почвах Голландии. Eleta в 1910 г. назвал эту болезнь растений Ontginningsziekte. Затем она была описана на болотных почвах и на так называемых верещатниках севера Германии, Дании, Швеции, Эстонии под различными названиями Heidemoorkrankheit, Urbarmachungskrankheit, Gulspidsyge и т. п.

Эта же «болезнь обработки» встречается и на болотных почвах б. Польши и в БССР. Аналогичное заболевание растений наблюдалось и во Флориде (США), на так называемых Florida Everglades—Sawgrass peat. Таким образом, она имеет распространение в областях с сильно подзолистыми почвами (песчаными), занятыми болотами и торфяниками. Многочисленные опыты, главным образом в Голландии, со внесением минеральных удобрений в подобные почвы показали, что медь в виде солей и других соединений, будучи внесена в небольших количествах, предупреждает и уничтожает заболевание растений, о котором мы говорим. В настоящее время медные соли практически широко используются в целях борьбы с этим заболеванием во всех странах. С другой стороны, известны наблюдения над некоторым уменьшением содержания меди в растениях с болотно-торфяных почв. Имея в виду большое физиологическое значение меди в обмене всех организмов, которое теперь все более выясняется, кажется вероятным, что причиной этой болезни может быть прямая недостаточность меди. Однако о содержании меди в болотно-торфяных почвах, по сравнению с другими почвами, ничего не было известно. Указания в этом направлении носили качественный и случайный характер.

В связи с этим мы поставили себе задачей выяснить характер распределения меди как в болотно-торфяных почвах БССР, на которых наблюдается указанное выше заболевание злаков, так и в других болотно-торфяных почвах Союза и, наконец, в наших главных зональных почвах.

Почвы Белоруссии и торфяные почвы других мест Союза были собраны в течение 1938 г. по определенному плану под руководством проф. М. В. Докучина (Болотный институт, Минск), которому мы выражаем свою признательность. Остальные почвы были собраны под руководством почвоведов во время экспедиционных поездок сотрудниками Биогеохимической лаборатории Академии Наук СССР.

Определение меди в почвах производилось химическим путем и отчасти спектроскопически\*. Почвы для анализа сожигались в платиновых чаш-

\* Звездочкой обозначены образцы почв, определенные спектроскопически по 4 группам с содержанием Cu  $5 \cdot 10^{-4}$ ;  $1 \cdot 10^{-3}$ ;  $2 \cdot 10^{-3}$  и  $3 \cdot 10^{-3}\%$  и больше.

Характер почв	Место сбора	Си в % на сухую почву	Характер почв	Место сбора	Си в % на сухую почву
Чернозем, глин. обильн. 0—5 см Гор. А 25—32 см » А <sub>1</sub> 80—88 см » В * 128—144 см » С	Ст. Таловая, Воронежск. обл. (Камен. степь), Заповедник Там же » » Ст. Таловая, в 1 км к северу Там же	2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup>	Сероземы пустынь* 0—5 см Гор. А 65—70 см » В 160—165 см » С Рододендроновый лес* 0—5 см Гор. А 45—50 см » В Красноземы 0—5 см Гор. А 40—50 см » В* 90—100 см » С*	Терско-Кумс. пущ., в 8 км от совхоза Бакресс Там же » Батуцкий Боганич. сад Там же » » Московская обл., Тими- рязевская сельскохоз. академия Там же » » Ленинградская обл., Ле- сотехническая акаде- мия Там же »	1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> 5·10 <sup>-3</sup> ок. 1·10 <sup>-2</sup> ок. 5·10 <sup>-3</sup> ок. 2·10 <sup>-2</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>
Чернозем суглинистый 0—5 см Гор. А 45—50 см » В*	Ст. Сальская, Сев. Кавказ, в 1/2 км к западу от Во- ловей точки Там же » » Ст. Тульская Там же » Ст. Тульская, 0,5 км на юго-восток Там же	1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup>	Среднеподзолистая сугли- нистая легкая почва* 0—40 см Гор. А 35—45 см » В 55—65 см » С 95—105 см » С Подзолистая, на легоч- ных глинах* Гор. А <sub>1</sub> » А <sub>2</sub> » В	Терско-Кумс. пущ., в 8 км от совхоза Бакресс Там же » Батуцкий Боганич. сад Там же » » Московская обл., Тими- рязевская сельскохоз. академия Там же » » Ленинградская обл., Ле- сотехническая акаде- мия Там же »	1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> ок. 1·10 <sup>-2</sup> ок. 5·10 <sup>-3</sup> ок. 2·10 <sup>-2</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>
Чернозем приазовский 0—5 см Гор. А 40—45 см » 15* 90—95 см » С* 139—135 см » D* Серые лесные почвы 0—5 см Гор. А* 32—40 см » В 100—105 см » С	Тульская обл., Ясная Поляна, 1 км к западу Там же » » »* » Сев. Кавказ, ст. Семичная, Дубовский завод Там же » »	1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup>	Подзолистая, на валун- ном суглинке* Гор. А <sub>1</sub> » А <sub>2</sub> » В Чернозем, выщелоченный* 0—20 см Гор. А 29—40 см » В	Терско-Кумс. пущ., в 8 км от совхоза Бакресс Там же » Батуцкий Боганич. сад Там же » » Московская обл., Тими- рязевская сельскохоз. академия Там же » » Ленинградская обл., Ле- сотехническая акаде- мия Там же »	1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> ок. 1·10 <sup>-2</sup> ок. 5·10 <sup>-3</sup> ок. 2·10 <sup>-2</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>
Темные лесные почвы 0—5 см Гор. А* 32—40 см » В*	Тульская обл., Ясная Поляна, 1 км к западу Там же » » »* » Сев. Кавказ, ст. Семичная, Дубовский завод Там же » »	1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup>	Подзолистая, на валун- ном суглинке* Гор. А <sub>1</sub> » А <sub>2</sub> » В Чернозем, выщелоченный* 0—20 см Гор. А 29—40 см » В	Терско-Кумс. пущ., в 8 км от совхоза Бакресс Там же » Батуцкий Боганич. сад Там же » » Московская обл., Тими- рязевская сельскохоз. академия Там же » » Ленинградская обл., Ле- сотехническая акаде- мия Там же »	1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> ок. 1·10 <sup>-2</sup> ок. 5·10 <sup>-3</sup> ок. 2·10 <sup>-2</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>
Выщелоченные серые лес- ные почвы* 0—5 см Гор. А 20—25 см » А <sub>1</sub> 40—45 см » В 75—80 см » С 100—105 см » D*	Тульская обл., Ясная Поляна, 1 км к западу Там же » » »* » Сев. Кавказ, ст. Семичная, Дубовский завод Там же » »	1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup>	Подзолистая, на валун- ном суглинке* Гор. А <sub>1</sub> » А <sub>2</sub> » В Чернозем, выщелоченный* 0—20 см Гор. А 29—40 см » В	Терско-Кумс. пущ., в 8 км от совхоза Бакресс Там же » Батуцкий Боганич. сад Там же » » Московская обл., Тими- рязевская сельскохоз. академия Там же » » Ленинградская обл., Ле- сотехническая акаде- мия Там же »	1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> ок. 1·10 <sup>-2</sup> ок. 5·10 <sup>-3</sup> ок. 2·10 <sup>-2</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>
Светлокаштановые 0—5 см Гор. А 30—35 см » В 60—65 см » С* 110—115 см » D*	Тульская обл., Ясная Поляна, 1 км к западу Там же » » »* » Сев. Кавказ, ст. Семичная, Дубовский завод Там же » »	1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup>	Подзолистая, на валун- ном суглинке* Гор. А <sub>1</sub> » А <sub>2</sub> » В Чернозем, выщелоченный* 0—20 см Гор. А 29—40 см » В	Терско-Кумс. пущ., в 8 км от совхоза Бакресс Там же » Батуцкий Боганич. сад Там же » » Московская обл., Тими- рязевская сельскохоз. академия Там же » » Ленинградская обл., Ле- сотехническая акаде- мия Там же »	1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup> ок. 1·10 <sup>-2</sup> ок. 5·10 <sup>-3</sup> ок. 2·10 <sup>-2</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>

Характер почв	Место сбора	Си в % на сухую почву	Характер почв	Место сбора	Си в % на сухую почву
Лесные суглинистые почвы*	Винницкая обл. Там же	1,5·10 <sup>-3</sup> 1·10 <sup>-3</sup>	Торфяная почва (торф) 5—20 см Гор. А 20—40 см » В 40—60 см » С	Ст. Талька, Б. ж. д., БССР, неосуш. болото Там же	4·10 <sup>-4</sup> 2,5·10 <sup>-4</sup> 3·10 <sup>-4</sup>
Тундра*	Горная тундра, Хибин. пол., г. Кировск Там же	8·10 <sup>-4</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup>	0—20 см Гор. А	Минская центральная бо- лотная база Ин-та болот- ного хозяйства Там же	8·10 <sup>-4</sup> 8·10 <sup>-4</sup> —
Торфяно-глеевая*	Болотная тундра Хиблин- ского района Там же	2·10 <sup>-3</sup> 8·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
Торфяно-глеевая*	»	»	5—20 см Гор. А	Ст. Василевичи, Б. ж. д. «Ведрич», неосв. болото Там же	следы 6·10 <sup>-4</sup> 4·10 <sup>-4</sup>
Подзолистая гумусоиллю- виальная*	»	ок. 2·10 <sup>-4</sup>	Песчаная	Там же	—
3—6 см Гор. А <sub>2</sub>	»	8·10 <sup>-4</sup>	3—20 см Гор. А	»	5·10 <sup>-4</sup>
6—25 см » В	»	1·10 <sup>-3</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	7,5·10 <sup>-4</sup>
>25 см » С	»	»	Торфяная	Ст. Быхово, Зап. ж. д. «Ворошино», неосв. болото Там же	8·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 7·10 <sup>-4</sup>
Торфяная почва (торф)	Ст. Талька Бел. ж. д. БССР, пастб. поле Там же	5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup>	5—20 см Гор. А 20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
0—20 см Гор. А	»	»	5—20 см Гор. А	Руденский район БССР, Белорусск. жел. дор. (осушенное болото) Там же	2·10 <sup>-4</sup> 1,5·10 <sup>-4</sup> 2·10 <sup>-4</sup>
20—40 см » В	»	»	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
40—60 см » С	»	»	5—20 см Гор. А	Бардиловка, ур. Плян- товка, Минской области (низин. болото) Там же	8·10 <sup>-4</sup> 7,5·10 <sup>-4</sup> следы
5—20 см Гор. А	Ст. Жодино Зап. ж. д. БССР, опытное поле Там же	2,7·10 <sup>-4</sup> 3·10 <sup>-4</sup> 2,5·10 <sup>-4</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
20—40 см » В	»	5·10 <sup>-4</sup>	5—20 см Гор. А	»	»
40—60 см » С	»	5·10 <sup>-4</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
3—20 см Гор. А	»	5·10 <sup>-4</sup>	5—20 см Гор. А	»	»
20—40 см » В	»	5·10 <sup>-4</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
40—60 см » С	»	5·10 <sup>-4</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
7—20 см Гор. А	Там же, сфагновое болото »	5·10 <sup>-4</sup>	5—20 см Гор. А	»	»
20—40 см » В	»	5·10 <sup>-4</sup>	20—40 см » В 40—60 см » С	»	»
40—60 см » С	»	3·10 <sup>-4</sup>	»	»	»

Характер почв	Место сбора	Си в % на сухую почву	Характер почв	Место сбора	Си в % на сухую почву
Торфяная 5—20 см Гор. А 20—40 см » Б 40—60 см » С	Любань, Минской области, совхоз Там же » » » »	4·10 <sup>-4</sup> — 1,5·10 <sup>-4</sup> 1,5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup>	Торфяная (торф) 0—20 см 0—20 см*	Полтавская обл., Сульс- кий болотный пункт. Там же, окраина Пермская обл., болото «Красава» Там же, окраина Новгородская обл., опыт- ное болотное поле	2,5·10 <sup>-4</sup> 8·10 <sup>-4</sup> 8·10 <sup>-4</sup> 1·10 <sup>-3</sup> следы следы 1·10 <sup>-3</sup>
Песчаная 5—20 см Гор. А 20—40 см » В 40—60 см » С	Ст. Электропередача, Москов- ской обл., «Белый мох» Там же « Ст. Брасово, Орловск. обл. в 1,5 км Там же »	4·10 <sup>-4</sup> 3·10 <sup>-4</sup> 4·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 1·10 <sup>-3</sup>	0—20 см 0—5 см*	Западная Сибирь, опыт- ная станц., тростн. болото Там, же, окраина, черно- земовидные почвы	следы следы 1·10 <sup>-3</sup>
Торфяная (торф) 5—20 см Гор. А 20—40 см » В 40—60 см » С	Черниговская обл., Болот- ный массив «Центр. Земглай» болото Там же, окраина болота	5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 1·10 <sup>-3</sup>	0—20 см Гор. А* 0—20 см » А* 0—20 см А*	Ст. Талька, Бел. ж. д. удобрен. поле Си—огарк. Там, же, осушенное Минская обл., центр. бо- лотная станция (старо- паханное поле) Ст. Васильевичи, Б. ж. д. «Ведрия»	5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup> следы
0—20 см 0—20* см 0—20 см 0—20 см 0—20 см 0—20* см	Курская обл., южн. тор- фян. болото »Плоское» Там же, окраина болота Хибины, ВИР, сфагновое болото Там же, осоково-трихофо- ровое болото	5·10 <sup>-4</sup> 8·10 <sup>-4</sup> 1,5·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-3</sup> 2·10 <sup>-4</sup> 8·10 <sup>-4</sup>	0—20 см 0—20 см 5—20 см 0—20 см 0—20 см 0—20 см	Ст. Выхово, Зап. ж. д. «Воронино» (около болота, минер. поле) Руденский р-н БССР, не- освоенное болото вблизи минер. берега	5·10 <sup>-4</sup> 1·10 <sup>-3</sup>
0—20 см 0—25* см	Ярославск. обл., совхоз «Лужки» Там же, сильно деградиро- ванная пылевидн. суглинни- стая разность	1·10 <sup>-3</sup> 3·10 <sup>-3</sup>	0—20 см 0—20 см	Минская обл., Центральн. болотная база, болото, удобренное огарком Там же	8·10 <sup>-4</sup> 5·10 <sup>-4</sup>

ках в присутствии  $H_2SO_4$ . Кремний удалялся последующей обработкой с HF. После удаления HF и  $H_2SO_4$  осадок растворялся в слабой HCl; нерастворимый осадок сплавлялся и также переводился в раствор. Из слабого аммиачного раствора медь высаживалась рубеоновой кислотой. Осадок—Cu осторожно прокаливался в присутствии  $H_2SO_4$  в кварцевых тиглях и переводился в раствор. В растворе медь определялась по Spacu. Образцы почв, в которых медь была определена таким путем, являлись стандартами при спектроскопическом анализе остальных образцов почв, произведенном при содействии проф. С. А. Боровика.

Из данных, приведенных в таблице, видно, что торфяно-болотные почвы, как правило, содержат Cu меньше, чем другие почвы. Содержание Cu увеличивается в этих почвах по мере того, как мы переходим к окраинам болот. Интересно отметить, что болотные почвы, которые были удобрены Cu, показали лишь незначительное повышение ее содержания по сравнению с неудобренными теми же почвами. При расчете содержания Cu в болотных почвах на их минеральный остаток содержание Cu оказывается практически равным содержанию Cu в минеральном остатке подзолистых и других почв. Поэтому можно считать, что Cu не удерживается органическим веществом торфа, а может быть, даже органическое вещество этих почв способствует ее вымыванию.

Все торфяно-болотные почвы из БССР, на которых известно заболевание злаков, так называемая «болезнь обработки», содержат пониженное количество Cu. Что касается содержания Cu в наших зональных почвах, то оно напоминает содержание Cu в почвах других стран, так, например:

Почвы	Utah	содержат	от $3,8 \cdot 10^{-4}$	до $5 \cdot 10^{-3}$ % Cu	(Greves and Andersen)
»	США	»	»	$1 \cdot 10^{-4}$ до $1,4 \cdot 10^{-2}$	(Russell and Manns)
»	»	»	»	$1 \cdot 10^{-4}$ до $3,4 \cdot 10^{-3}$	(Slater с сотр., 1937)
»	Франции	»	»	$2 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-3}$	(Demoussy et Macquenne)
»	Нов. Зеландии	»	»	$2 \cdot 10^{-4}$ до $2,5 \cdot 10^{-3}$	(Askew, 1935)

Затем, повидимому, содержание Cu в верхних гумусных горизонтах черноземов несколько выше, нежели в нижележащих горизонтах этих почв. В этом отношении обращает внимание высокое содержание Cu в лесной подстилке рододендронного леса из Батуми. Что же касается исключительного содержания Cu в наших красноземах, то, повидимому, они представляют в этом отношении исключение. Настоящие латеритные почвы, например Америки, содержат медь порядка  $n \cdot 10^{-3}$ . В подзолистых почвах меньше Cu, чем в черноземах. Затем идут песчаные и известковые почвы и, наконец, торфяно-болотные.

Приводя в кратком изложении наши исследования, мы в результате должны сказать, что:

1) Содержание меди в болотных почвах по сравнению с другими почвами наименьшее, обычно порядка  $2 \cdot 10^{-4}$  —  $1 \cdot 10^{-3}$  или несколько выше, тогда как в других почвах содержание Cu обычно порядка  $1 \cdot 10^{-3}$  —  $5 \cdot 10^{-3}$  и выше.

2) Пониженное содержание Cu в торфяно-болотных почвах из БССР связано одновременно с распространением на этих почвах так называемой «болезни обработки» злаков и других растений.

3) Имея в виду, что помимо наблюдаемой нами корреляции между пониженным содержанием Cu в болотных почвах и распространением болезни наблюдается пониженное содержание Cu в травах с подобных почв и, наконец, что введение Cu в качестве удобрения прекращает заболевание у растений на этих почвах, мы имеем все основания считать, что то, что называется «болезнью обработки», является по существу болезнью растений вследствие недостаточности меди в почве.

Биогеохимическая лаборатория  
Академии Наук СССР

Поступило  
2 IV 1940