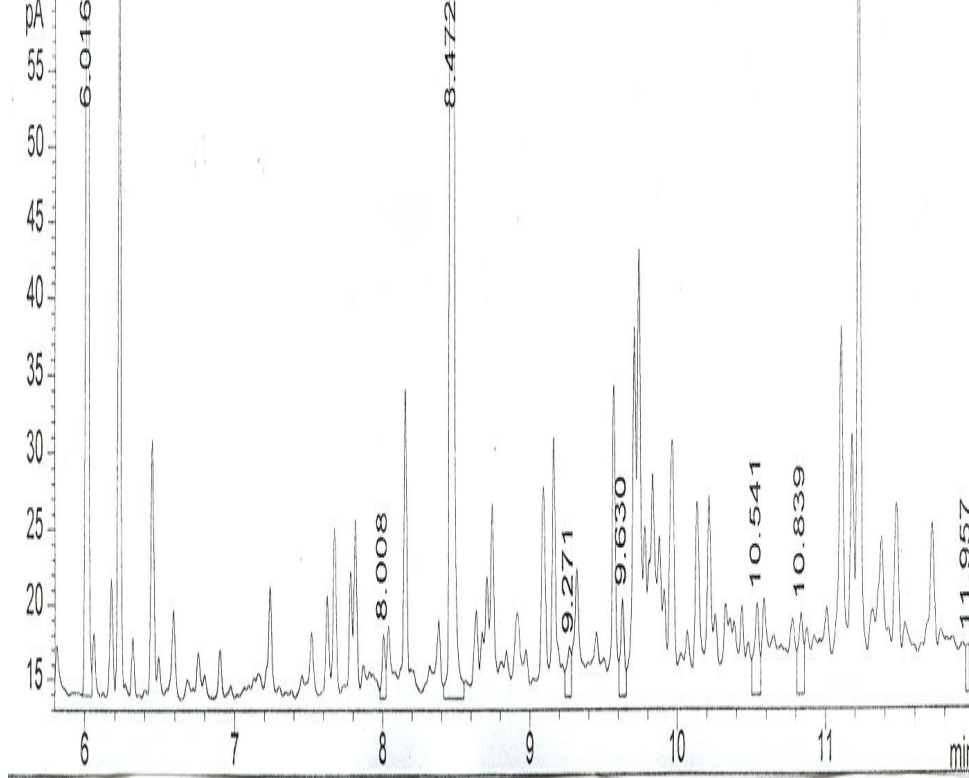


# БИОХИМИЯ ЛИГНИНА В ПОЧВАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ



**Ковалев И.В., Ковалева Н.О.**

МГУ им. М.В.Ломоносова, ф-т почвоведения  
ИЭП МГУ им. М.В.Ломоносова

- **Располагая знаниями о суммарном содержании и реже о структуре лигнина, либо в автоморфных, либо в болотных почвах, мы ничего не знаем о механизмах биохимических процессов его трансформации, протекающих в значительной части почв – в почвах периодического переувлажнения. Между тем временный или длительный сезонный застой влаги создает анаэробные условия в профилях почв с господством окислительных процессов и контрастным типом окислительно-восстановительного режима и на короткие сроки активизирует восстановительные процессы. Контрастность гидрологического режима должна отражаться и на свойствах органического вещества этих почв.**

Объект исследования: Коломенское ополье  
(Московская обл.)



# Брянское ополье

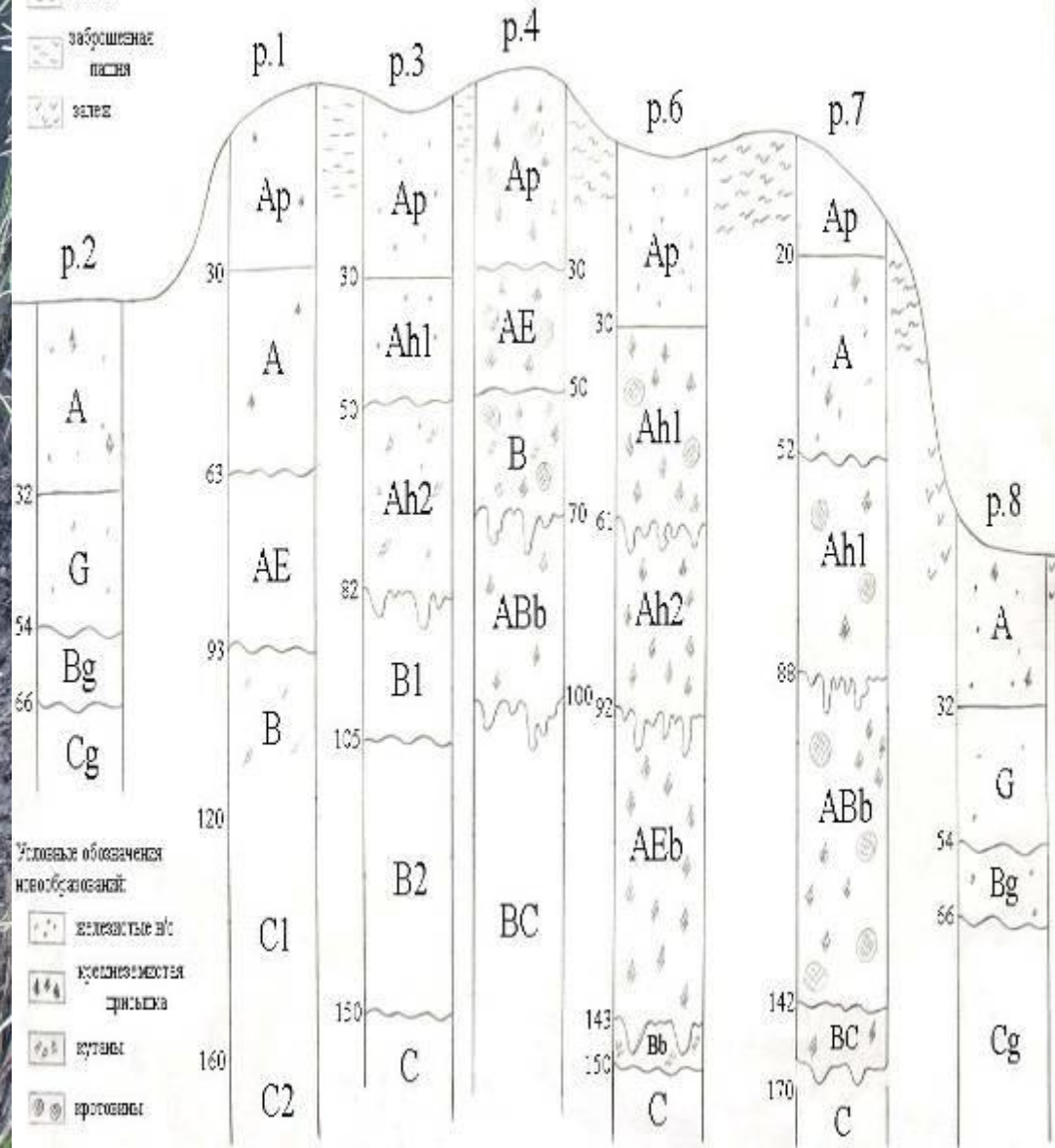


# Брянское ополье



Характер использования территории:

-  пашня
-  забросленная пашня
-  залежь



Условные обозначения иллюстраций:

-  железистые вкл.
-  железистые дрисы
-  глина
-  корочки

серия тисоватых по т.в.н. Профильный р.д. А<sub>p,fs,g'</sub> (0-25 см) - В<sub>p,fs,g'</sub> (25-32 см) - В1<sub>g''</sub> (32-50 см) - В2<sub>g''</sub> (50-95 см) - В3<sub>g'''</sub> (95-125 см) - ВС<sub>g'''</sub> (125-140 см).

Профиль этих почв имеет мраморовидную окраску иллювиальных горизонтов (особенно гор В2<sub>g''</sub>), большое количество ортштейнов в гор. Ар и ЕВ и серо-голубые кутаны.



## Методы исследования

- Для определения количественного содержания структурных фрагментов лигнина использовали метод мягкого щелочного гидролиза органического вещества почв оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя и газового хроматографического разделения (На газовом хроматографе с масс-спектрометром Hewlett-Packard Palo Alto CA USA фенолы разделялись на пламенно- ионизационном детекторе, оборудованном капиллярной колонкой. В качестве основного и маркирующего газа служил азот. Температура инжектора – +2500, детектора – +3000). Индивидуальные продукты реакции: ванилин, сиреневый альдегид, ванилиновая, сиреневая, п-кумаровая и феруловая кислоты - идентифицированы путем сравнения времени удерживания и пиков с известными компонентами и количествами, используемыми в качестве внешних стандартов
- (Методика Ertel J.R., Hedges J.I, 1984 в приведенной ниже модификации W.Amelung, 1997).

## Схема метода

Почва

Окисление оксидом меди (CuO) в щелочной среде под давлением при 170°C в атмосфере N<sub>2</sub>

Осаждение гуминовых кислот (рН=2, 2 н. NaOH), центрифугирование, промывание осадка подкисленной водой

Концентрирование продуктов окисления лигнина из раствора на хроматографических колонках C<sub>18</sub> под давлением

Элюирование фенолов путем промывания колонок этилацетатом

Эвапорирование этилацетата из проб на ротаторном эвапораторе

Лигнин

Подготовка проб к хроматографированию (derivatизация)

Разделение фенольных продуктов на газо-жидкостном хроматографе

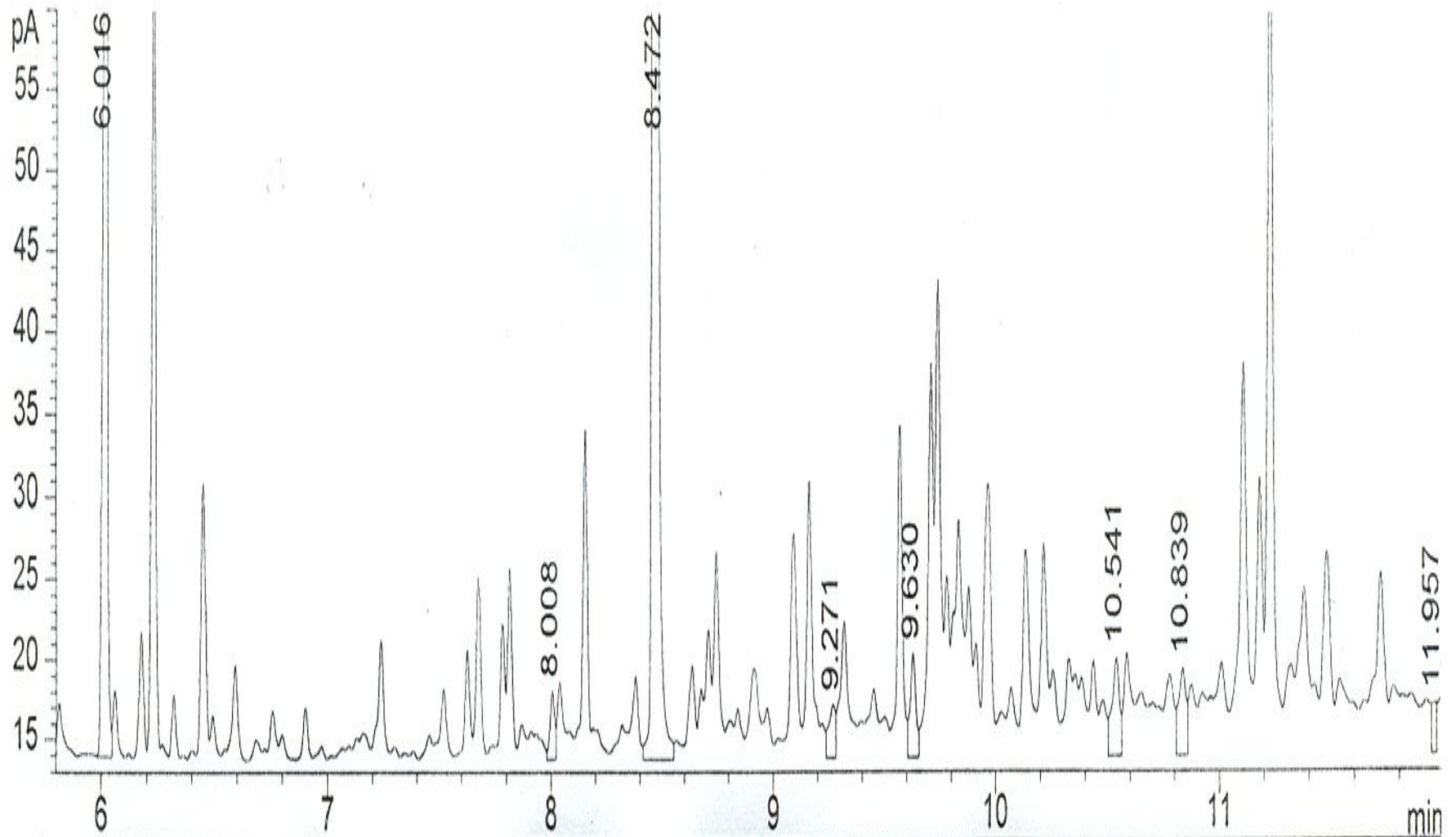
Ванилин, ванилиновая кислота, сиреневый альдегид, сиреневая кислота, феруловая кислота, п-кумаровая кислота



# Интеграция пиков

## 7. Ортштейны

FID1 A, (IVAN1603\18.D)



Щелочное окисление дает **11 фенолов**,

которые сгруппированы по их химической природе

в 4 структурных семейства:

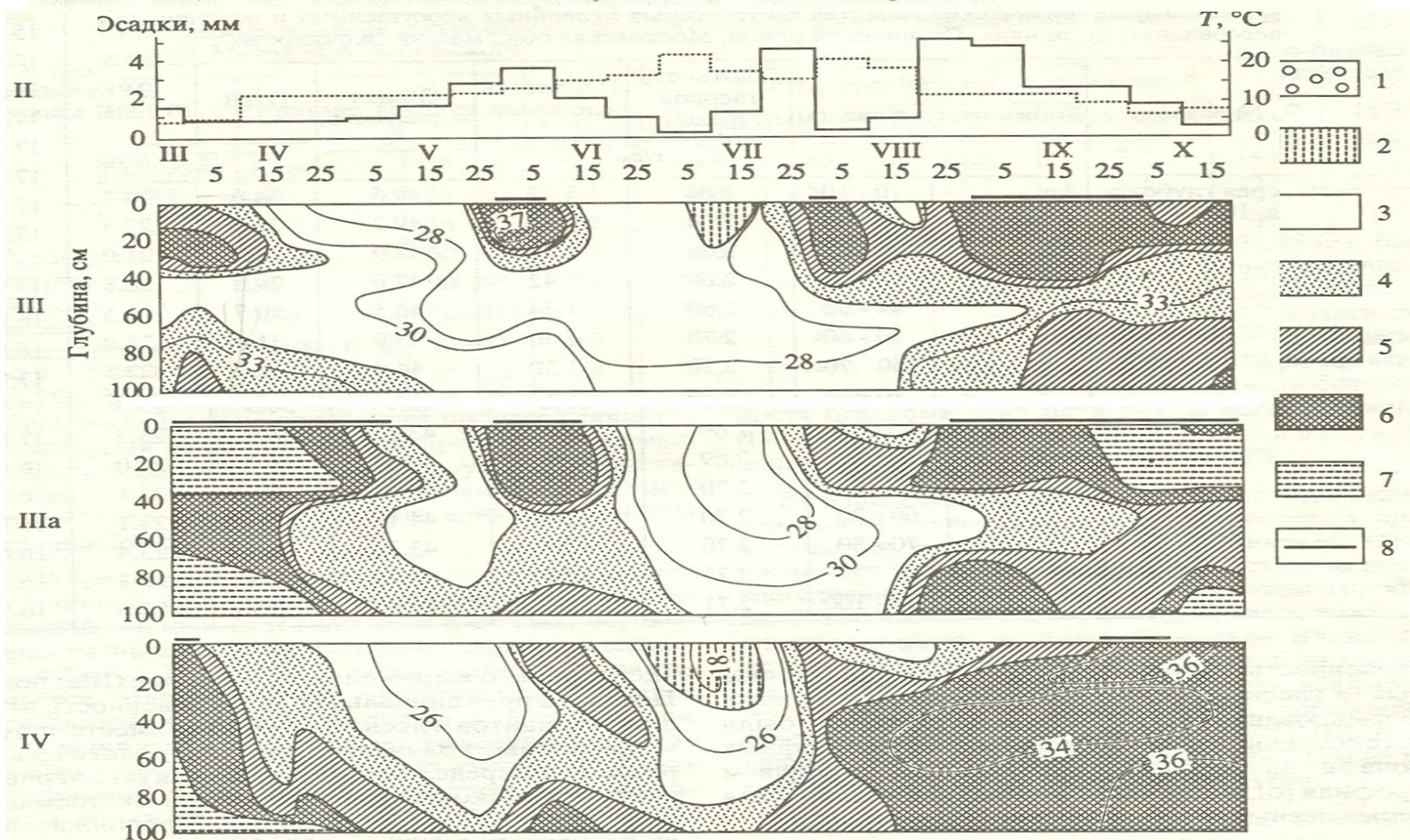
- **ванилиновые (V)**
- **сирингиловые или сиреневые (S)**
- **п-кумаровые (C)**
- **феруловые (F)**

V, S, C ----альдегиды, кетоны, кислоты;

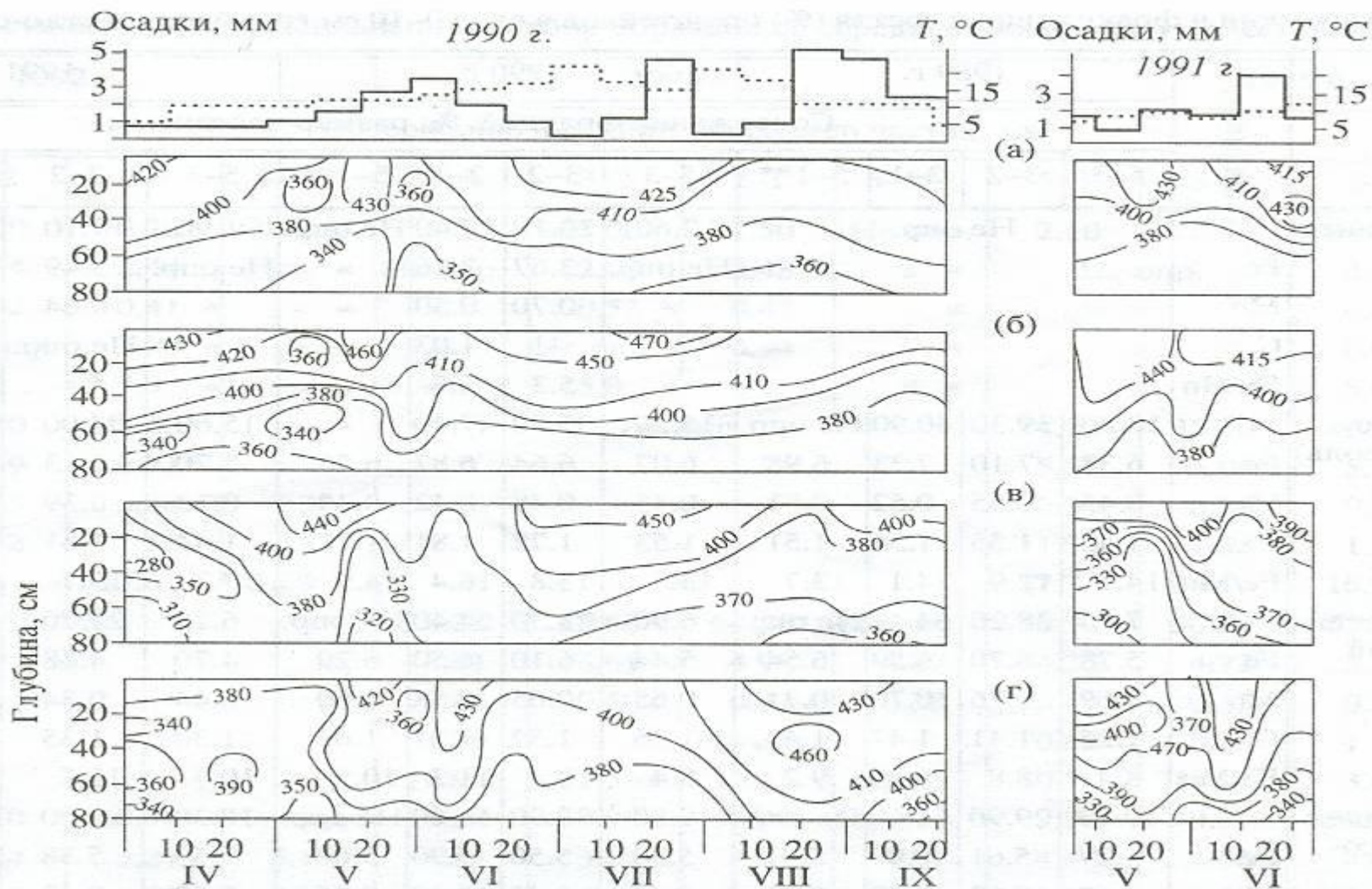
F---кислоты

$\Sigma$  продуктов окисления лигнина (VSC)-----  
общее содержание лигнина в образце

Рис. 1. Элементы водного режима светло-серых оглеенных неосушенных и осушенных почв (влажность в объемных процентах и категориях) в 1990-ом влажном году. Массив "Кочкарево". Почвы: I – светло-серая глееватая (типичная), осушенная гончарным дренажом; II – светло-серая глееватая (типичная), осушенная пластмассовым дренажом; III – светло-серая глееватая (типичная) недренированная; IIIa – светло-серая глееватая (экстремально выраженная) недренированная; IV – светло-серая глубокооглеенная недренированная. Категории влажности: 1 – менее влаги завядания (ВЗ); 2 – от ВЗ до влажности разрыва капиллярной связи (ВРК); 3 – от ВРК до 0.95 ППВ (предельной полевой влагоемкости); 4 – 0.95 ППВ - ППВ; 5 – ППВ - 1.05 ППВ; 6 – 1.05 ППВ - до полной влагоемкости – ПВ; 7 – ПВ - полная влагоемкость, верховодка; 8 –  $\geq 0.75$  ПВ гор. А пах.



# Окислительно-восстановительный режим серых оглеенных почв



Окислительно-восстановительный режим (ОВП, мВ) светло-серых оглеенных осушенных и неосушенных почв. Почвы: светло-серые лесные: а – глееватая, осушенная гончарным дренажом; б – глееватая, осушенная пластмассовым дренажом; в – глееватая недренированная (контроль); г – глубокооглеенная (“автоморфная”).

# Брянское ополье

Почва	Горизонт, глубина, см	VSC, мг/г C <sub>общ.</sub>
серая на микроповышении	Ap 0–30	5,80
	Eв 30–55	1,85
серая (со вторым гумусовым горизонтом) в микрозападине	Ap 0–33	9,09
	A 33–63	0,72
серая (глеевая) в ложбине	A 0–32	12,49
	Eв g'''' 32–54	4,99

\*----- VSC – суммарное количество продуктов окисления

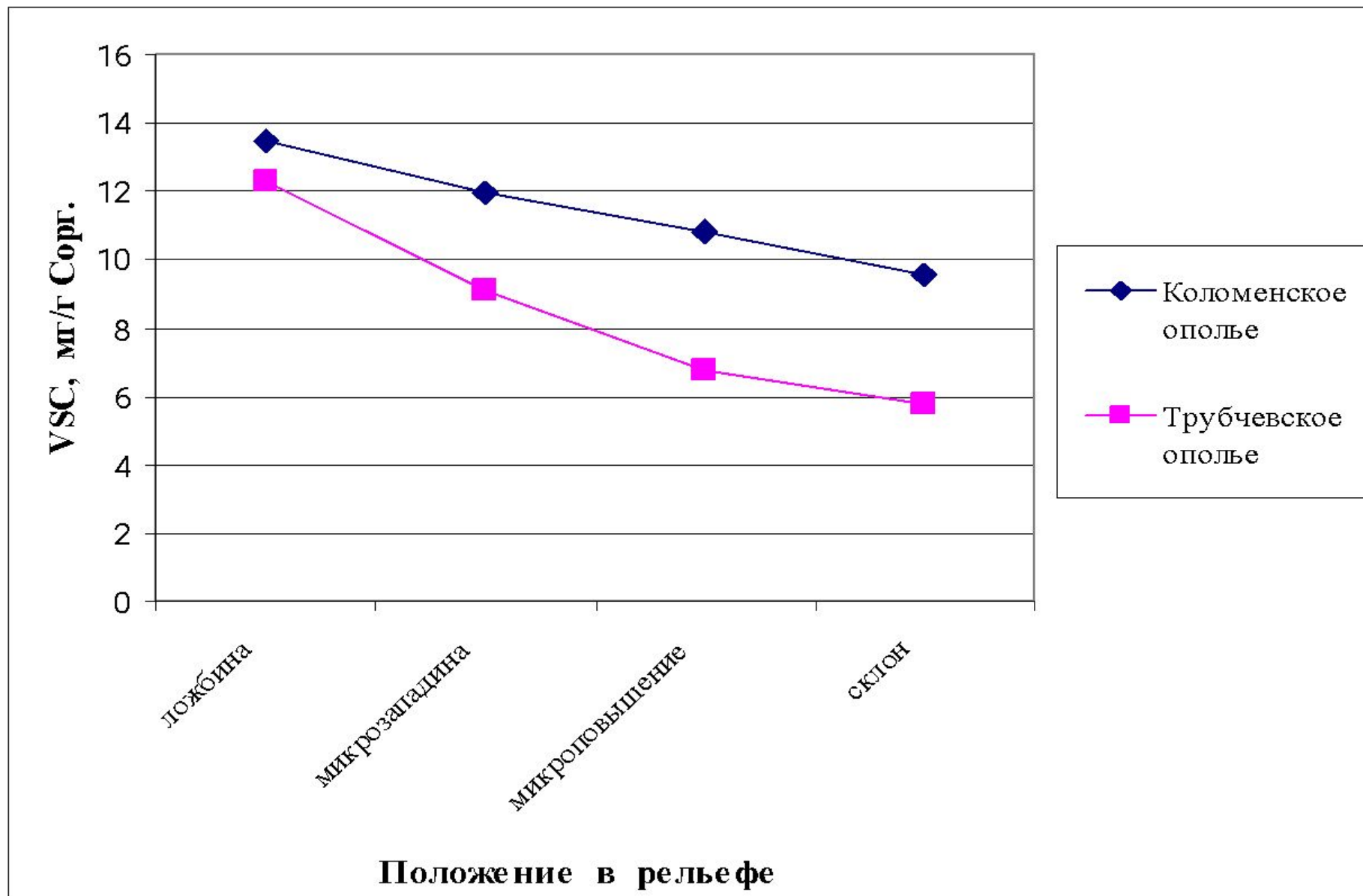
лигнина

# Тульские Засеки

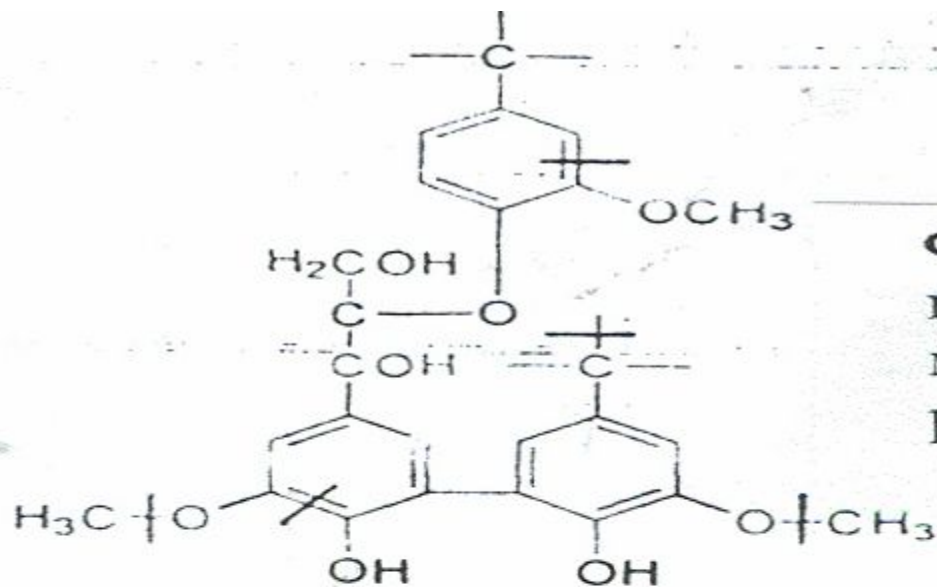
Почва	Горизонт, глубина, см	VSC, мг/г C <sub>общ.</sub>
Темно-серая лесная	A 0–10	<u>14,60</u>
	Bt1 50–60	2,30
Серая лесная	A 0–10	11,90
	Bt2 50–60	2,60
Светло-серая лесная	A 0–10	12,20
	Bt2 50–60	1,20

\*---- VSC – суммарное количество продуктов окисления  
лигнина

# Содержание продуктов окисления лигнина (VSC), мг г-1 Сорг. в почвах изучаемых катен.

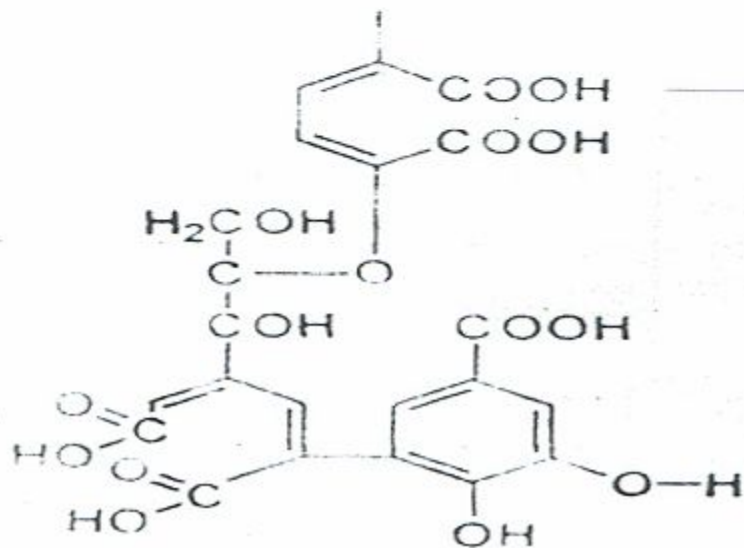


# Деструкция лигнина, Haider, 1998



Фрагмент лигнина  
и возможная реакция  
микробного  
расщепления

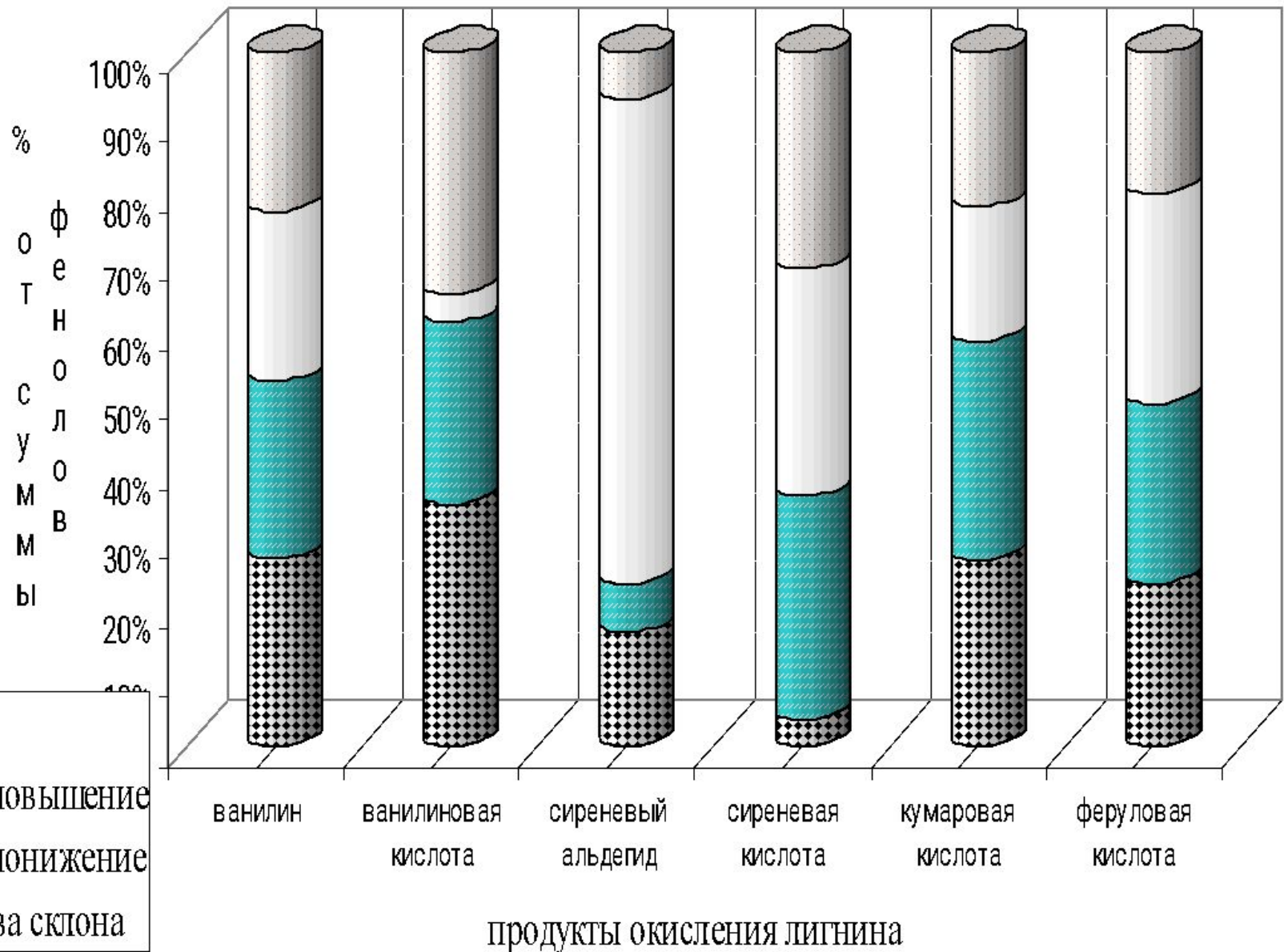
Ligninase/  $\downarrow$   $H_2O_2$



Частично  
разрушенный  
лигнин



# Продукты окисления лигнина в серых почвах



## «Лигниновые параметры» некоторых видов растений (Ковалева, Ковалев, 2006)

Экосистема	Лигнин, мг г <sup>-1</sup> С <sub>общ</sub>	V	S	C	V:S:C	S:V	C:F	C:V
Лес								
Еловый	9.42	4.87	2.19	2.36	2:1:1	<b>0.45</b>	0.86	0.49
Сосновый	13.70	6.77	3.73	3.19	2:1:1	<b>0.55</b>	1.13	0.47
Кедровый	3.08	1.47	0	1.11	1:0:1	<b>0.02</b>	0.83	0.70
Лиственничный	9.71	3.75	2.15	3.22	2:1:1	<b>0.73</b>	0.66	0.86
Тропический	7.79	3.94	3.78	0.22	1:1:0	<b>0.96</b>	0.44	0.06
Роца								
Осиновая	1.58	0.74	0.37	0.46	2:1:1	<b>0.50</b>	2.08	0.62
Березовая	12.49	7.54	3.77	1.78	4:2:1	<b>0.53</b>	0.83	0.23
<b>Культурные злаки (пашня)</b>	10.85	4.59	4.36	1.90	<b>2:2:1</b>	<b>0.95</b>	0.96	0.20
Можжевельное редколесье	62.56	32.67	18.83	11.06	3:2:1	<b>0.58</b>	0.68	0.32
под кроной на поляне	12.86	5.70	5.72	1.64	4:4:1	<b>1.00</b>	0.70	0.29

Примечание. VSC – суммарное количество продуктов окисления лигнина;  
V – ванилиновые фенолы; S – сингильные фенолы; C – коричные фенолы

«Лигниновые параметры»  
(КОЛОМЕНСКОЕ ОПОЛЬЕ)

Светло-серая почва	Лигнин, (VSC) мг/г С	V	S	C	V:S:C	S:V
глубоко оглеен ная	10,9	42	40	18	2:2:1	0,95
глееватая	11,9	41	41	18	2:1:1	1,02

Примечание. **V** – ванилиновые фенолы;  
**S** – сирингиловые фенолы;  
**C** – коричные фенолы

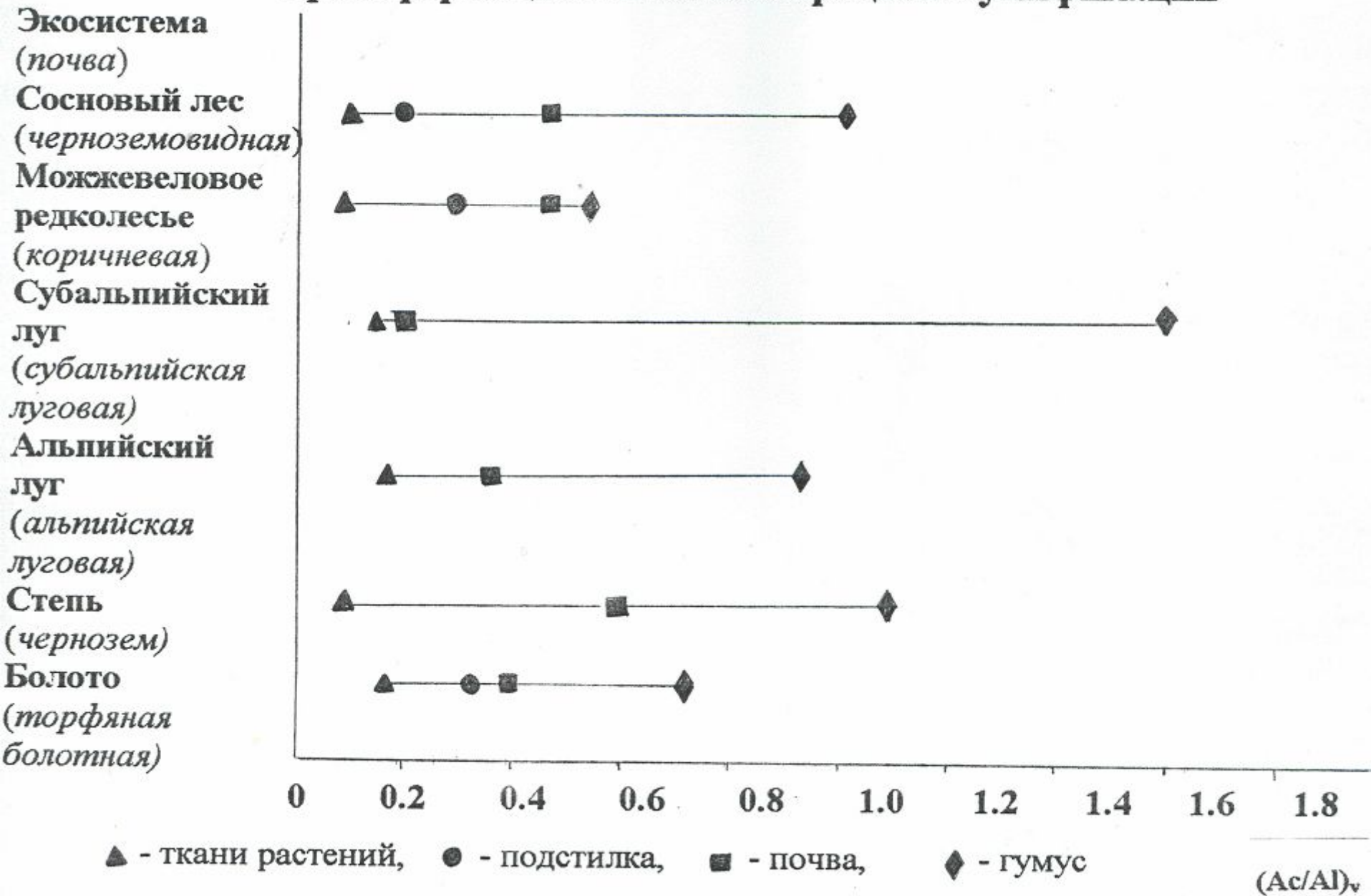
# Тульские Засеки

Почва	Горизонт, глубина, см	VSC, мг/г C <sub>орг.</sub>	<b>C/N</b>	T, %
Темно-серая лесная	A 0–10	14,60	<b><u>0,80</u></b>	10,22
	Bt1 50–60	2,30	<b>0,55</b>	9,20
Серая лесная	A 0–10	11,90	<b><u>0,73</u></b>	10,72
	Bt2 50–60	2,60	<b>0,33</b>	2,95

# Брянское ополье

Почва	Горизонт, глубина , см	VSC, мг/г C <sub>орг.</sub>	S/V	C/V	C/F
Серая лесная глеевая	A 0–32	12,49	1,50	0,94	0,83
	EBg''' 32–54	4,99	2,46	1,49	1,68
Темно-серая лесная	Ap 0–20	6,77	2,13	1,41	0,88
	A 30–50	0,79	0,65	0,00	0,00
Серая лесная	Ap 0–30	5,80	2,84	1,16	0,79
	EB 30–55	1,85	3,09	5,43	2,39

## Трансформация лигнина в процессе гумификации



Показатели трансформации лигнина в серых лесных почвах,

**(Брянское ополье)**

Почва	Горизонт, глубина, см	мг/г Собщ.,		
		VSC, мг/г C <sub>общ.</sub>	Ванилиновые <u>кислоты</u> / ванилин	Сиреневые <u>кислоты</u> / сиреневые альдегиды
серая на микрочувствительности	<b>Ap 0–30</b>	<b>5,8</b>	<b>0,28</b>	<b>0,37</b>
серая (глеевая) в ложбине	<b>A 0–32</b>	<b>12,5</b>	<b>0,56</b>	<b>0,05</b>

\* VSC

Показатели трансформации лигнина в серых лесных окультуренных почвах, мг/г Собщ.

Почва	Брянское ополье		T, %
	Горизонт, глубина, см	VSC, мг/г C <sub>общ.</sub>	
серая на микроповышении	Ap 0–30	5,80	9,2
	Eв 30–55	1,85	33,4
серая (со вторым гумусовым горизонтом) в микрозападине	Ap 0–33	9,09	11,2
	<b>A 33–63</b>	<b><u>0,72</u></b>	<b><u>50,1</u></b>
серая (глеевая) в ложбине	A 0–32	12,49	22,1
	Eвg'''32–54	4,99	41,3

\* VSC – суммарное количество продуктов окисления



# Показатели трансформации лигнина, мг/г С<sub>общ</sub> гор. Ар серых оглеенных почв, (Коломенское ополье)

Почва	VSC, мг/г С <sub>общ</sub> .	Ванилино вые к-ты / ванилин  (Ac/Al) <sub>v</sub>	Сире- невые к-ты / сире- невые альдегиды  (Ac/Al) <sub>s</sub>	% измененности боковых цепочек по отношению лигнина к исходным растительным тканям (Т,%)	$\frac{VSC}{N}$
Глубоко оглеенная, n = 4	<b>10,8</b> ± 0,7	<b>0,23</b> ± 0,03	<b>0,44</b> ± 0,07	<b>7,9</b>	<b>86</b>
Глееватая n = 5	<b>11,9</b> ± 1,2	<b>0,16</b> ± 0,01	<b>0,32</b> ± 0,03	<b>5,8</b>	<b>65</b>

\*----- VSC – суммарное количество продуктов окисления лигнина

\*\*-----  $T = 74 - (100 - K)(1 + (Ac/Al)_v)^{-1}$ , (Hedges J.I, Ertel J.R., 1984)

где Т – % измененности боковых цепочек, (Ac/Al)<sub>v</sub> – отношение количества фенольных кислот к альдегидам в ванилиновых единицах, К – содержание кетонов в исходных растительных тканях (%ketone).

Почва	Горизонт, глубина, см	VSC, мг/г C <sub>общ.</sub>	Ванилино- вые к-ты / ванилин (Ac/Al) <sub>v</sub>	Сиреневые к-ты / сиреневые альдегиды (Ac/Al) <sub>s</sub>	% измененности боковых цепочек по отношению лигнина к исходным растительным тканям (Т,%)
Глееватая n = 5	Ap fs,g' 10–20	11,9 ± 1,2	0,16 ± 0,01	0,32 ± 0,03	5,8
Глееватая осушенная, n = 6	Ap fs,g' 10–20	9,6 ± 0,5	0,18 ± 0,01	0,41 ± 0,01	6,5

<p>Почва (серая лесная)</p>	<p>Масса конкреций, г/100 г почвы</p>
<p>Глубоко оглеенная «автоморфная»</p>	 <p>0,3</p>
<p>Глееватая (контроль)</p>	 <p>2,2</p>



**VSC, мг г<sup>-1</sup> С**

**1-2<sub>мм</sub>**

**2-3<sub>мм</sub>**

**3-5<sub>мм</sub>**



**Глубоко  
оглеенная  
«автоморфная»**

**1,3**

**1,2**

**-\*\*\***

**Глееватая**

**1,3**

**1,4**

**1,1**

**\*\* ----- конкреции фракции >3 мм в почве единичны**

## “Лигниновые” параметры

<p><b>Глее ватая почва</b></p>	<p>Фракция, мм</p>	<p><b>VSC,</b> мг г<sup>-1</sup> С<sub>общ</sub></p>	<p><b>Ванили новые кислоты / ванилин</b></p> <p>(Ac/Al)<sub>v</sub></p>	<p><b>Сиреневые кислоты / сиреневые альдегиды</b></p> <p>(Ac/Al)<sub>s</sub></p>	<p><b>Измененность боковых цепочек лигнина по отношению к исходным растительны м тканям</b></p> <p>(T,%)</p>
<p><b>Мелкозем,</b> n = 5</p> 	<p>гор. Ар</p>	<p><b>11,9</b></p>	<p><b>0,19</b></p>	<p><b>0,37</b></p>	<p><b>5,8</b></p>
<p><b>Орт- штейны,</b> n = 5</p>	<p>1-2</p>	<p><b><u>1,2</u></b></p>	<p><b><u>0,65</u></b></p>	<p><b><u>1,41</u></b></p>	<p><b><u>20,8</u></b></p>


# Продукты окисления лигнина в ортштейнах серых почв, мг г<sup>-1</sup> С

Почва	n	Фракции, мм	VSC, мг/г C <sub>общ.</sub>	Ванилиновая к-та	Сиреневая к-та	Кумаровая к-та	Феруловая к-та
Глубоко оглеенная	n = 4	1-2	<u>1,30</u>	0,13	0,20	0,15	0,08
Глееватая (контроль)	n = 5	1-2	<u>1,34</u>	0,17	0,28	0,20	0,12
	n = 4	2-3	1,08	0,18	0,29	0,21	0,11
	n = 4	3-5	0,81	0,19	0,30	0,21	0,06

# Показатели трансформации лигнина в орштейнах серых лесных почв, мг/г C<sub>общ.</sub>

Орштейны серых оглеен- ных почв 	Фрак- ция, мм	VSC, мг г <sup>-1</sup> C <sub>общ</sub>  орштейнов	Ванили новые кислоты / ванилин  (Ac/Al) <sub>v</sub>	Сиреневые кислоты / сиреневые альдегиды  (Ac/Al) <sub>s</sub>	Измененность боковых цепочек лигнина по отношению к исходным растительным тканям (Т,%)
Глубоко оглеенная, n = 4	1-2	<b><u>1,30</u></b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b><u>8,1</u></b>
Глееватая, Σn = 12 	1-2	<b><u>1,34</u></b>	<b>0,7</b>	<b>1,7</b>	<b><u>19,2</u></b>
	2-3	<b>1,31</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>22,7</b>
	3-5	<b>0,81</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>24,6</b>

\* ---- VSC – суммарное количество продуктов окисления лигнина

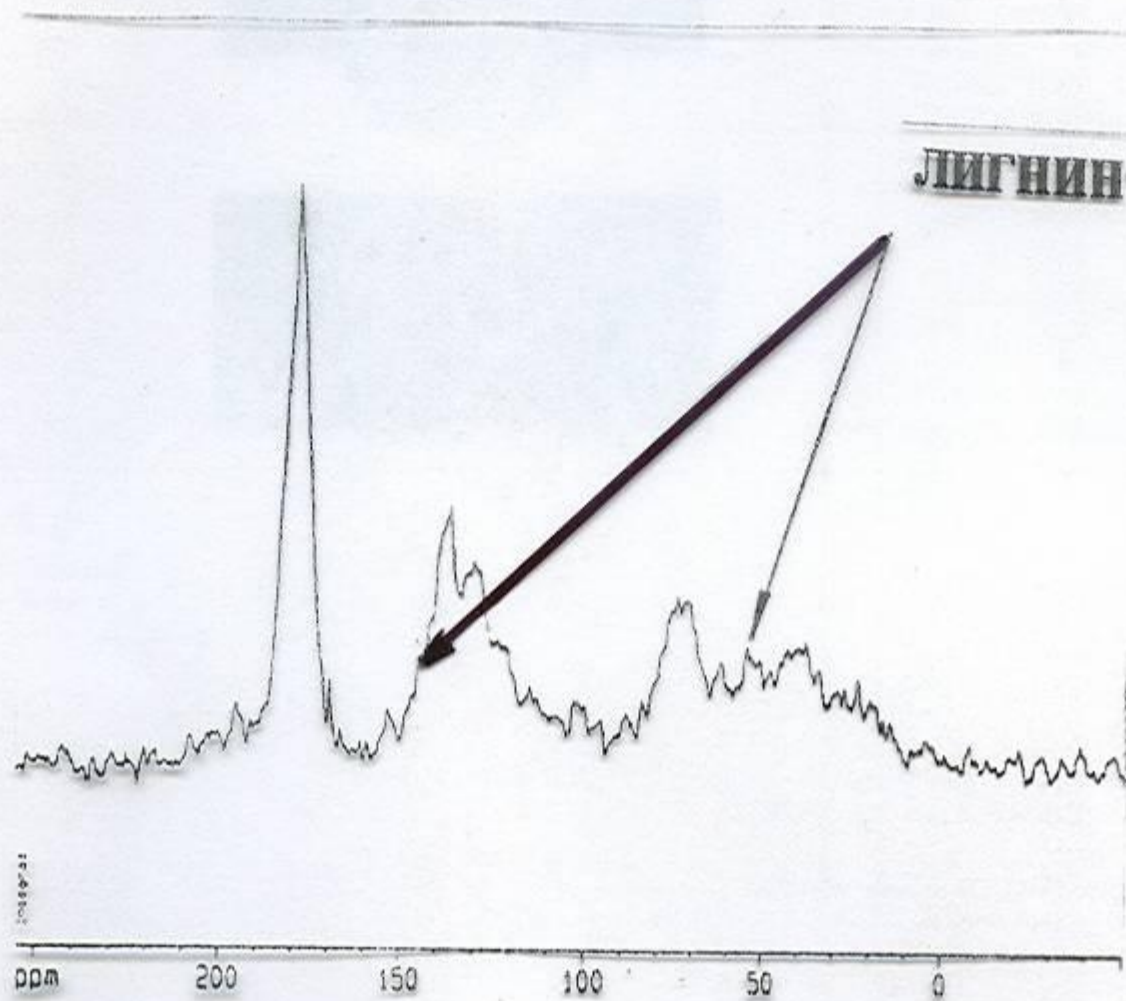
<p>Почва (серая лесная)</p> 	<p><b>Масса</b> конкреций, г/100 г почвы</p>	<p><u>VSC, мг/г С</u> <i>K<sub>VSC</sub></i> *(лигнин)</p>		
<p><b>Глееватая</b> (контроль)</p>	<p>2,2</p>	<p><u>1,3</u> <i>0,11</i></p>	<p><u>1,4</u> <i>0,12</i></p>	<p><u>1,1</u> <i>0,09</i></p>



\* --- коэффициент концентрирования элемента или соединения в конкрециях;



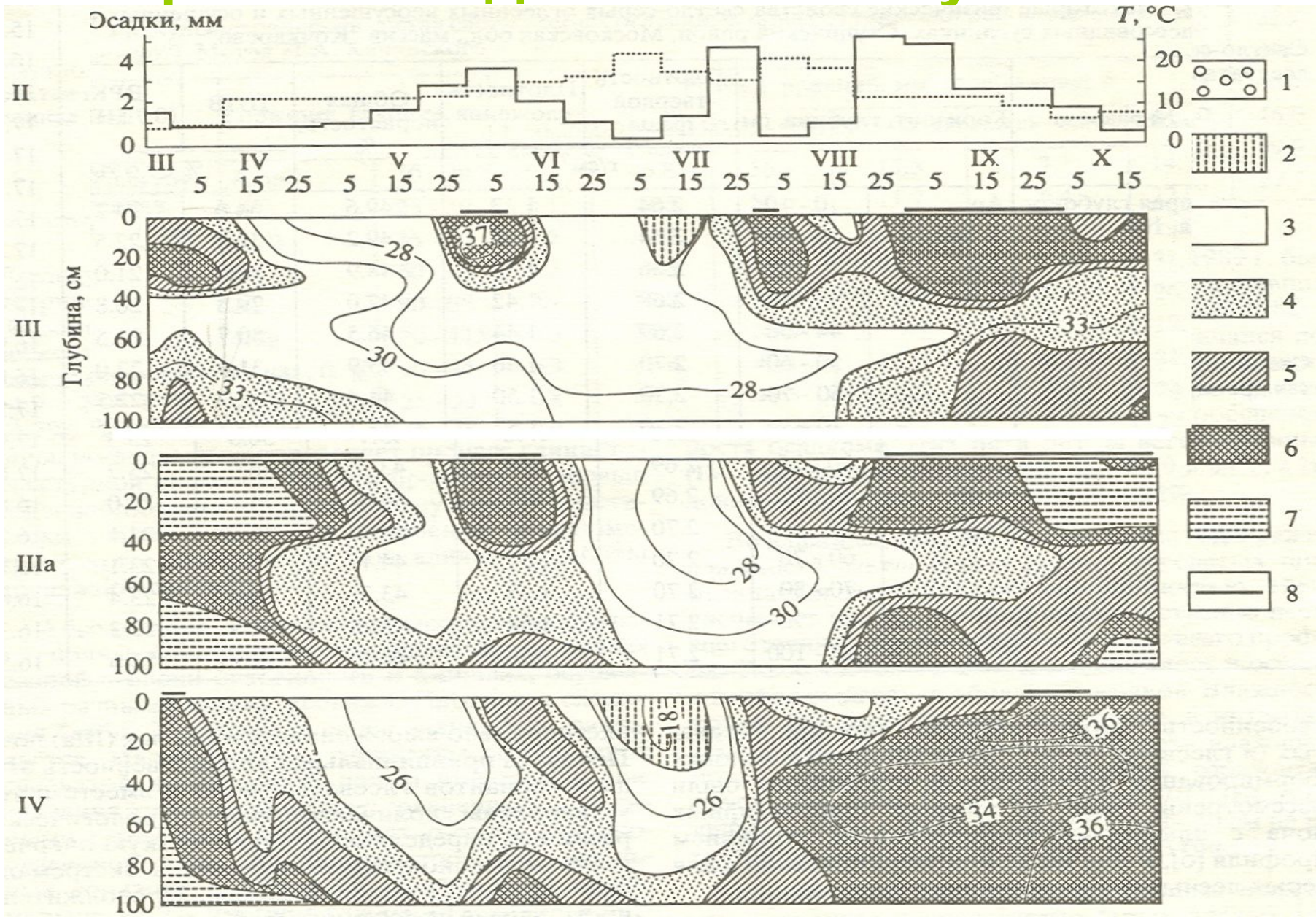
$^{13}\text{C}$  ЯМР – спектр гумусовых кислот из железисто-марганцевых новообразований (светло-серая лесная почва)



**Распределение углерода в молекулах гумусовых кислот серых лесных почв и конкреций (по данным ЯМР- спектроскопии), % от площади спектра**

Препараты гуминовых кислот из:	Углерод алифатических структур, C <sub>Al</sub>		Углерод ароматических структур, C <sub>Ar</sub>	Углерод карбоксильных структур, C <sub>COOH</sub>	Ароматичность, % $\frac{Ar}{Ar + Al}$	<u>Сгк</u> Сфк	Ar = Al — A k
	C <sub>Alk</sub>	C <sub>Alk-O</sub>					
	0-52 ppm	52-106 ppm	106-160 ppm	160-200 ppm			
<b>Глееватая почва</b>	21,1	42,8	17,7	18,4	<u>21,7</u>	1,0	0
<b>Конкреции глееватой почвы</b>	18,1	16,2	35,5	30,2	<u>50,9</u>	0,5	1

# Трансформация гидрологического режима под влиянием осушения





## Масса орштейнов на 100 г почвы в гор.Ар, осушенных пластмассовым и гончарным дренажом и неосушенных серых глееватых почв

Почва	1989 г.	1990 г.	1991 г.	1992 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	2000 г.
	Масса орштейнов в г на 100 г абсолютно сухой почвы							
Глееватая (пластмассовый дренаж - середина междренья)	<b>1.38</b>	1.42	1.35	1.37	1.01	<b>1.13</b> ± 0.052	1.11 ± 0.078	<b>1.12</b> ± 0.067
Глееватая (гончарный дренаж - середина междренья)	<b>1.17</b>	1.20	1.18	1.16	0.80	<b>0.82</b> ± 0.051	0.84 ± 0.034	<b>0.90</b> ± 0.051
Глееватая неосушенная	<b>2.30</b>	2.19	2.26	2.14	2.20	<b>2.16</b> ± 0.140	не опр.	не опр.
Глубокоогленная	не опр.				0.27	<b>0.26</b> ± 0.015	<b>0.26</b> ± 0.040	<b>0.28</b>

Примечание.

**n = 5.** При этом, каждый смешанный образец (весом около 2 кг)  
производился из 15 точек опробования

**Динамика распределения С и N (%) в ортштейнах (слой 0-10 см) серых лесных  
оглеенных почв.**

Почва	Элемент	1989-1992 ГГ. (n=6)			1996 Г. (n=6)			2007 Г. (n=6)		
		Ф Р А К Ц И Я, мм								
		1--2	2--3	3--5	1--2	2--3	3--5	1--2	2--3	3--5
		Среднее ( $\bar{X}$ )								
Глееватая неосушенная (контроль)	С, %	1,75	1,73	1,60	1,68	1,66	1,55			
	N, %	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14			
	C/N	12,0	11,7	11,5	11,9	11,7	11,3			
Глееватая, осушенная гончарным дренажом	С, %	1,62*	1,50*	1,43*	1,44	1,18	1,11	1,28**	1,00**	0,94**
	N, %	0,15°	0,14°	0,14°	0,12	0,11	0,10	0,12**	0,11**	0,10**
	C/N	10,8	10,7	10,4	12,0	11,1	11,4	10,2	10,2	9,5
Глееватая, осушенная пластмассовым дренажом	С, %	1,65*	1,56*	1,51*	1,41	1,26	1,19	1,31**	1,17**	0,10**
	N, %	0,14°	0,14°	0,14°	0,11	0,11	0,10	0,12**	0,12**	0,11**
	C/N	11,5	11,2	10,7	12,4	11,6	11,6	10,5	10,0	9,4

**n** ----- повторность;

**\*** ----- статистически значимое уменьшение содержания углерода к контролю при  $p < 0,95$ ;

**°** ----- статистически значимое уменьшение содержания азота к контролю при  $p < 0,80$ ;

**\*\*** ----- статистически значимое уменьшение содержания углерода и азота по отношению к первым годам (1989-1992 гг.) последствий дренажа при  $p < 0,95$

Почва (серая лесная)	$\frac{P_2O_5}{K_p^*}, \%$			$R_{подв}$ $K_p^*_{подв}$ Мг/100 г			$R_{орг}$ $K_p^*_{орг}$ Мг/100 г		
	1-2	2-3	3-5	1-2	2-3	3-5	1-2	2-3	3-5
Глееватая (контроль)	$\frac{0,3}{1,5}$	$\frac{0,2}{1,2}$	$\frac{0,2}{1,5}$	$\Sigma = \underline{172,4}$ <b>5,2</b>			$\Sigma = \underline{33}$ <b>0,7</b>		
Глееватая, осушенная дренажом	$\frac{0,3}{1,6}$	$\frac{0,2}{1,5}$	$\frac{0,2}{1,4}$	$\Sigma = \underline{120}$ <b>3,1</b>			$\Sigma = \underline{25}$ <b>0,8</b>		

\* --- коэффициент концентрирования элемента или соединения в конкрециях;

Квантильное распределение показателей трансформации лигнина  
в орштейнах серых почв.

Глееватые почвы: а –осушенная в 1989-92 гг.; б –осушенная в 1999-2000 гг.

Фракции орштейнов: 1-2 мм; 2-3 мм; 3-5 мм

\*-----Статистически значимое уменьшение ( $p < 0,01$ )

**продуктов окисления лигнина (VSC, мг г<sup>-1</sup> С),**

Почвы: а –осушенная в **1989-92** гг.; б –осушенная в **1999-2000** гг.  
Фракции ортштейнов: 1-2 мм; 2-3 мм; 3-5 мм

**\*\*-----Статистически значимое увеличение отношений ( $p < 0,05$ )  
ванилиновые кислоты/ванилин, (ас/а1)v**

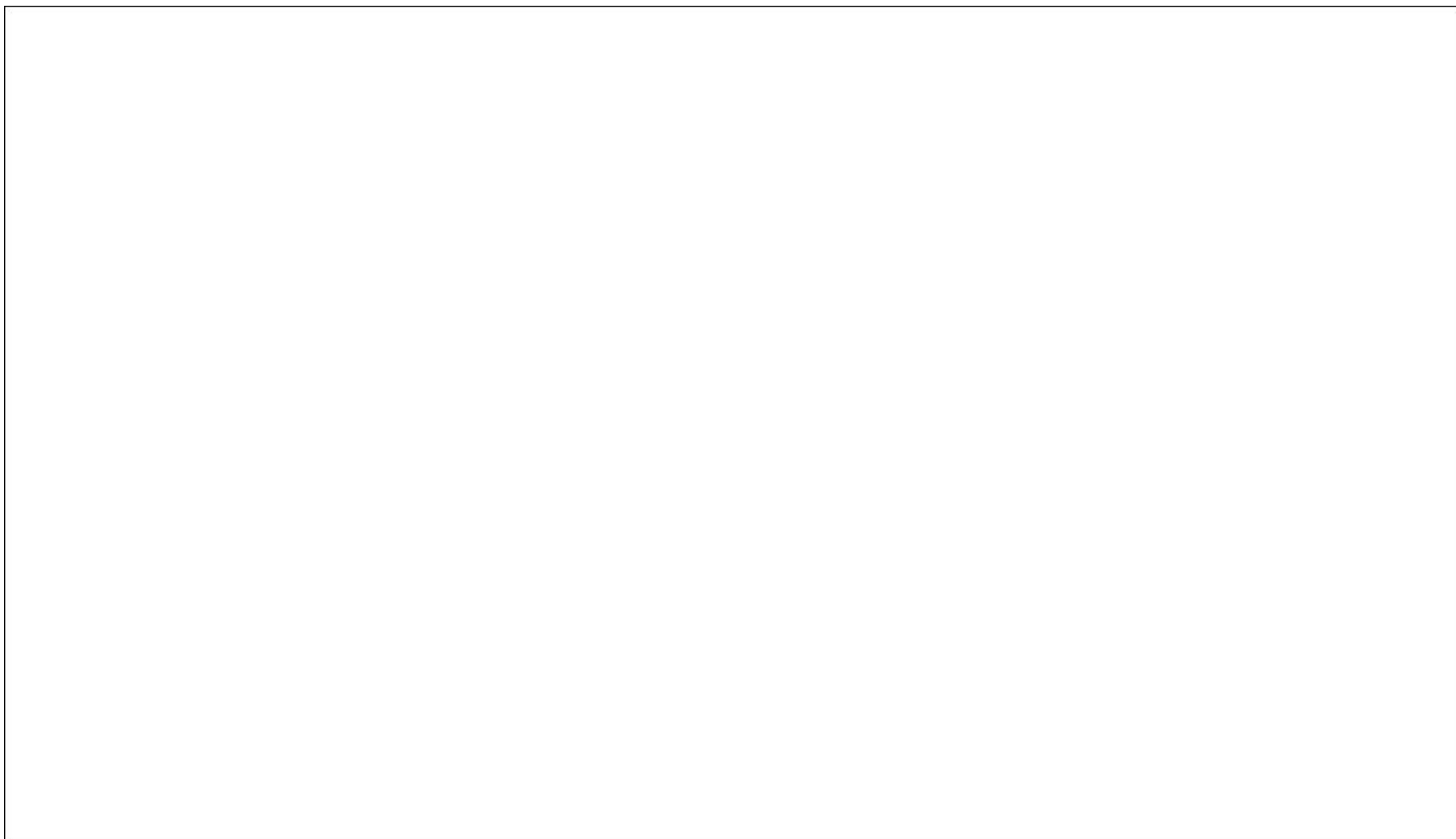




Почвы: а –осушенная в 1989-92 гг.; б –осушенная в 1999-2000 гг.  
Фракции ортштейнов: 1-2 мм; 2-3 мм; 3-5 мм

*Статистически значимое увеличение отношений (p < 0,05)*

**сиреневые кислоты/сиреневые альдегиды (ac/al)s**



# Показатели трансформации лигнина в орштейнах

Орштейны серых оглеенных почв	n (повтор ность)	Фрак ция, мм	<u>Лигнин</u> N	Измененность боковых цепочек лигнина по отношению к исходным растительным тканям (T,%)
Глееватая, осушенная пластмассовым и гончарным дренажом в <b>1989-1992</b> гг.	9	1-2	14	23
	8	2-3	12	20
	8	3-5	<u>11</u>	<u>12</u>
Глееватая, осушенная пластмассовым и гончарным дренажом в <b>1999-2000</b> гг..	10	1-2	13	24
	9	2-3	12	22
	9	3-5	<u>8</u>	<u>25</u>

## Распределение углерода в молекулах гумусовых кислот конкреций серых лесных почв (по данным ЯМР- спектроскопии), % от площади спектра

Препараты гуминовых кислот из:	Углерод алифатических структур, C <sub>Al</sub>		Углерод аромати ческих структур C <sub>Ar</sub>	Углерод карбокси льных структур, C <sub>COOH</sub>	Аромати чность , %  $\frac{Ar}{Ar + Al}$	$\frac{Ar}{Al} = \frac{Ar}{Alk + Alk-O}$
	C <sub>Alk</sub>	C <sub>Alk-O</sub>				
	0-52 ppm	52-106 ppm	106-160 ppm	160-200 ppm		
<u>Конкреции глеевой</u> почвы	18,1	16,2	35,5	30,2	<u>50,9</u>	1,0
<u>Конкреции глеевой осушенной</u> почвы	19,1	23,1	29,3	28,5	<u>41,0</u>	0,7

**Обнаружено, что в формировании гумуса серых лесных почв принимают участие только ткани покрытосеменных (лиственных и травянистых) растений. Причем пропорции лигнинных фенолов не изменились ни под влиянием распашки, ни под влиянием осушения.**

**В пределах изучаемых катен во всех районах исследования максимум накопления фенольных соединений приходится на почвы мезопонижений с длительным господством восстановительных условий во всем профиле и почвы микрозападин, обладающих в весенний период двухъярусной верховодкой. Наиболее дренированные разности почв, приуроченные к водораздельным микроповышениям и склонам, обладают наименьшими количествами фенолов. Минерализация ароматических соединений лигнина в аэробных условиях сопровождается значительным увеличением доли фенольных кислот.**

Лигнинные параметры вторых гумусовых горизонтов резко отличны от

**В Fe-Mn ортштейнах серых лесных почв обнаружен лигнин высших растений. Его фракционный состав соответствует типу господствующей растительности.**

**С увеличением размера ортштейнов количество продуктов окисления лигнина в них уменьшается за счет минерализации.**

**Независимо от степени гидроморфизма серых лесных почв количество лигниновых продуктов в ортштейнах в **10** раз меньше, чем в мелкоземе вмещающего горизонта**

**В ортштейнах гидроморфных почв преобладают фенольные кислоты над альдегидами.**

**Осушение (12 лет) вызывает глубокую разрушительную трансформацию и таких, казалось бы, устойчивых соединений как лигнин в ортштейнах, особенно в крупных фракциях.**

**\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант 04-04-49727) и **DAAD (в Байройтском университете ФРГ)****

**Спасибо  
за внимание!**