

УДК 57.087:[631.559.2+631.417.2+631.445.24

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

И ДИНАМИКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

И. С. ШАТИЛОВ, А. Г. ЗАМАРАЕВ, Г. В. ЧАПОВСКАЯ, Н. А. ПОЛЕВ,
А. Д. СИЛИН

(Кафедра растениеводства)

Ежегодное определение содержания гумуса в почве в стационарном балансовом полевом опыте в течение 15 лет позволило разработать математическую модель, позволяющую предсказать изменение содержания гумуса в почве на перспективу при разной системе удобрения.

Гумус почвы является источником питательных веществ для растений, обуславливает лучшее физическое строение почвы, повышает ее теплоемкость и уменьшает теплопроводность, снижает бесполезное испарение влаги, предотвращает вымывание питательных веществ за пределы корнеобитаемого слоя, способствует развитию полезной почвенной микрофлоры, адсорбирует различные загрязняющие внешнюю среду вещества, выбрасываемые человеком. Гумус — это своеобразный аккумулятор солнечной энергии; калорийность 1 кг гумуса составляет 4—5 тыс. ккал.

Увеличение содержания гумуса в почве в конечном счете повышает эффективность применяемых удобрений, урожайность различных культур, уменьшает размеры ее колебаний в зависимости от складывающихся погодных условий.

Содержание гумуса в почве и его качественный состав служат интегральным показателем плодородия почвы.

В обобщающих работах И. В. Тюрина [11], М. М. Кононовой [5, 6], Л. Н. Александровой [1], В. А. Ковды [3, 4], А. М. Лыкова [9], К. В. Дьяконовой [2], Т. Н. Кулаковской [7] и др. подробно рассмотрены роль и значение гумуса в земледелии страны и в масштабе нашей планеты.

В названных работах, а также в громадном числе статей подчеркивается медленное изменение содержания гумуса в почве. Поэтому абсолютное большинство исследователей определяют содержание гумуса в почве в начале и в конце опыта (чаще всего в начале и в конце ротации севооборота). Следует подчеркнуть, что до настоящего времени при анализах, как правило, не

учитывалась миграция водорастворимого гумуса за пределы корнеобитаемого слоя.

На основе полученных данных и проведения специальных экспериментов рассчитаны коэффициенты гумификации растительных остатков различных видов культурных растений [8, 9].

В агрофизическом институте (О. С. Журавлев, Г. М. Вознюк, П. П. Гончар-Зайкин) разработана номографическая система для расчета гумусового баланса, которая на основе количественного учета процессов трансформации органических веществ в почве позволяет распределять ресурс органических удобрений и тем самым обеспечивать бездефицитный баланс гумуса в полях севооборота.

Заложенный нами балансовый полевой опыт проводился в соответствии с международной биологической программой (МБП), которая предусматривает разработку таких комплексов, которые позволили бы аккумулировать культурными растениями 2—3 % ФАР, приходящей за весь вегетационный период. В условиях проведения опыта приход ФАР составляет 3,2 млрд ккал/га. Следовательно, при аккумулировании 2 % ФАР урожай общей биомассы (включая корневую систему) должен быть равен 160 ц, а при аккумулировании 3 % — 240 ц сухой массы на 1 га. В связи с этим система удобрения рассчитывалась на получение соответствующего уровня урожая надземной массы, и нормы удобрений оказались довольно высокие. В указанных условиях возникла необходимость в более тщательном изучении динамики содержания гумуса.

Методика

Балансовый опыт кафедры растениеводства заложен в 1967 г. в

учхозе Тимирязевской академии «Михайловское» Подольского района Московской области. Почва — дерново-подзолистая, по механическому составу — тяжелый суглинок. Уровень плодородия ее различался по вариантам: на участке с низким уровнем плодородия — $pH_{\text{сол}} 4,5$, содержание гумуса — 1,4 %, P_2O_5 по Кирсанову — около 5 мг, обменного калия — около 7—8 мг на 100 г; со средним — $pH_{\text{сол}} 5,7$ содержание гумуса — 1,8 %, P_2O_5 — около 15 мг, обменного калия — 16—17 мг на 100 г; с повышенным — $pH_{\text{сол}} 6,0$ —6,5, содержание гумуса — 2,5—2,8 %, P_2O_5 — около 25 мг, обменного калия — 23—25 мг на 100 г. Глубина пахотного слоя почвы 22—25 см. Уклон опытных полей 0,008°.

В опыте на этих фонах плодородия было 4 варианта удобрения: 1 — без удобрений; 2 — нормы удобрений, рассчитанные на усвоение растениями 2 % ФАР; 3 — нормы удобрений — на 3 % ФАР; 4 — нормы по рекомендации ВИУА.

Размеры делянок на участках с повышенным плодородием — 100 м², со средним — 180, с низким — 360 м². С каждой из них брали по 12 почвенных проб на глубину пахотного горизонта. Срок взятия проб — I декада августа (после уборки зерновых, двух укосов многолетних трав, парозанимающей культуры).

Схема севооборота: занятый пар (викоовсяная смесь) — озимая пшеница — картофель — ячмень с подсевом трав — клевер+ тимофеевка — клевер+ тимофеевка — овес.

Содержание гумуса в почве определяли методом спектрофотометрии [10, 11]. Повторность анализа 3-кратная. В целях выявления общей закономерности процесса воспроизводства гумуса в севообороте на различных по плодородию участках дерново-подзолистой почвы данные о его содержании за 1974—

1988 г. (15 лет) были обработаны с использованием интегрального метода, предложенного В. П. Горячкиным.

Результаты

Предварительное изучение фактических данных (рис. 1—5) показало, что в вариантах без внесения удобрений содержание гумуса в почве по годам значительно колебалось (в % по углероду): при низком плодородии — от 0,76 до 1,18; при среднем — от 0,94 до 1,33; при повышенном — от 0,99 до 1,52. В вариантах с нормами удобрений, рассчитанными на утилизацию растениями 2—3 % ФАР, в почве сохранялось гумуса (% по углероду): при среднем плодородии 1,04—1,53; при повышенном — 1,10—1,68.

При указанных колебаниях содержания гумуса в почве трудно определить закономерности развития процессов его воспроизводства без применения математических методов.

В связи с этим на первом этапе нами были определены средние ускорения динамики воспроизводства гумуса с помощью уравнения магистральной прямой:

$$Y_t = Y_0 + \bar{g}t, \quad (1)$$

где Y ; Y_0 — содержание гумуса (по углероду) соответственно динамическое теоретическое и на начало эксперимента, %/год; \bar{g} — среднее ускорение изменения содержания гумуса, %/год; t — текущее время, отсчитываемое с начала эксперимента, лет.

Расчеты показали (табл. 1), что среднее ускорение изменения содержания гумуса в условиях эксперимента (за 15 лет) было практически одинаковым на участках с разным уровнем плодородия и ежегодно составляло около 0,004 %. При внесении удобрений значение этого показателя изменялось существенно и было наибольшим при внесении удобрений в расчете на использованные 3 % ФАР: 0,0184 % при среднем

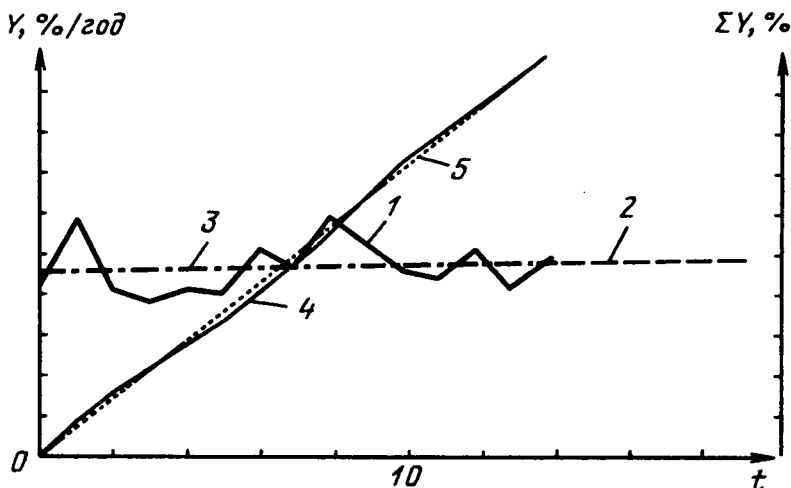
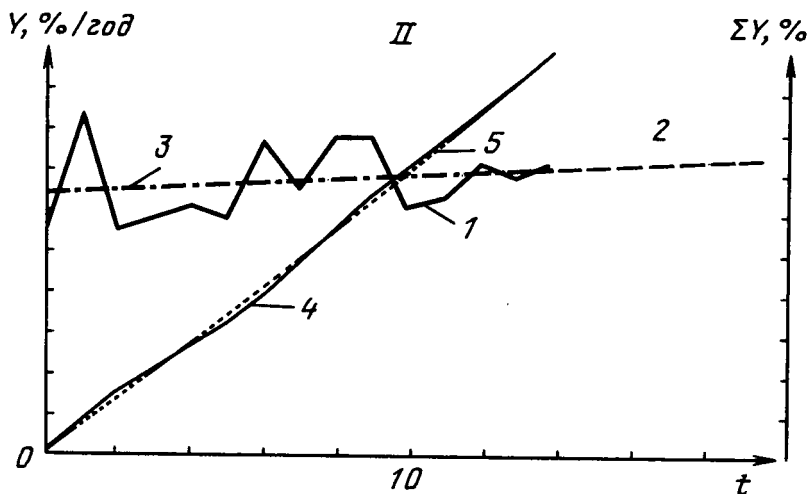
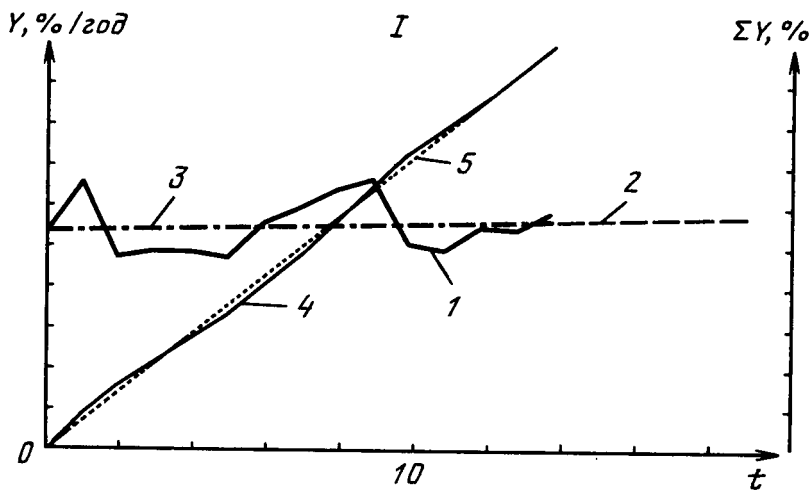


Рис. 1. Динамика содержания гумуса (по углероду) в почве низкого плодородия. 1 — фактические данные, % / год; 2 и 3 — теоретические кривые по уравнениям соответственно (2) и (1); 4 и 5 — интегральные фактическая и теоретическая по (1), %.



плодородия и 0,0103 % при повыше-
 ном.

Поскольку любые биологические процессы подчиняются определенным закономерностям, связанным с пределами роста в зависимости от условий, а уравнение прямой (1) приводит к бесконечному росту показателя или к нулевым его значениям (при отрицательном ускоре-

нии), нами была сделана попытка определить предельные значения содержания гумуса Y_t в почве, к которому ведет применяемая технология, с использованием трансцендентной функции:

$$Y_t = Y_0 \left(1 + \frac{t}{\tau_0} \right)^b \cdot e^{-ct}, \quad (2)$$

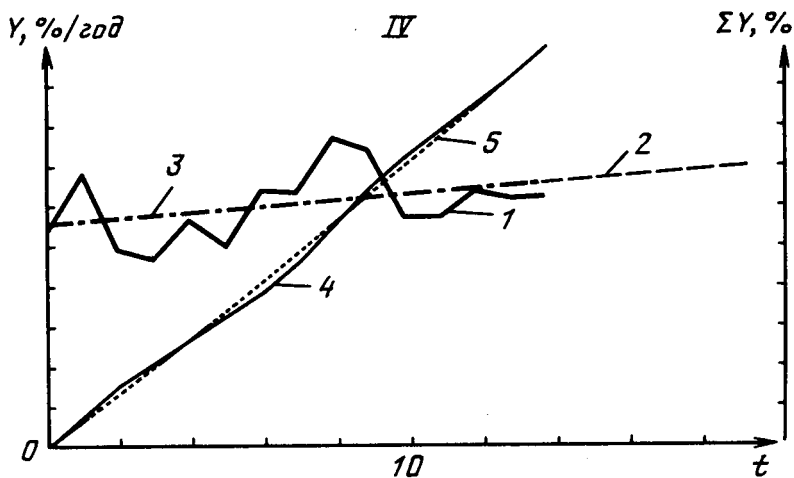
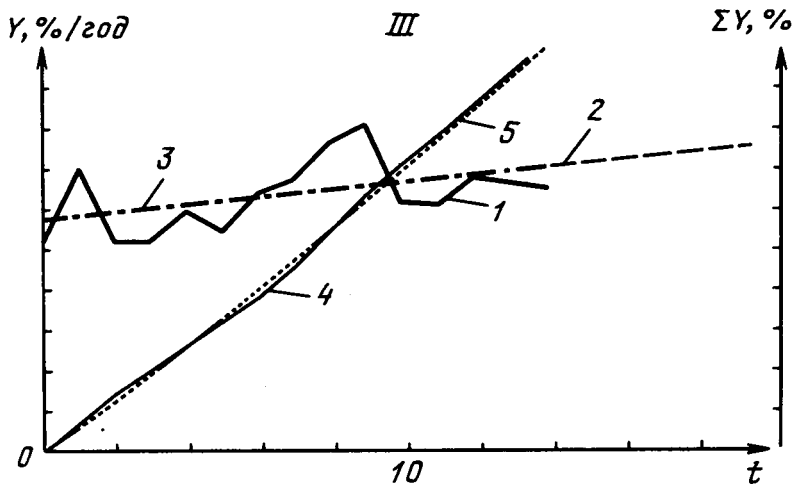
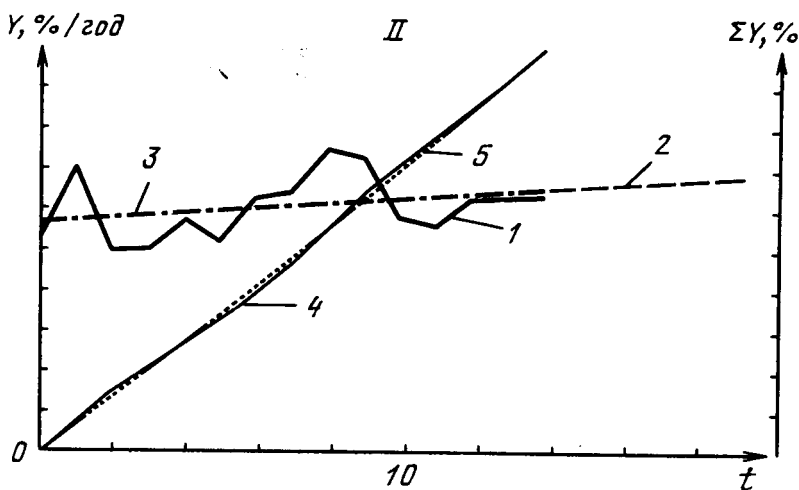
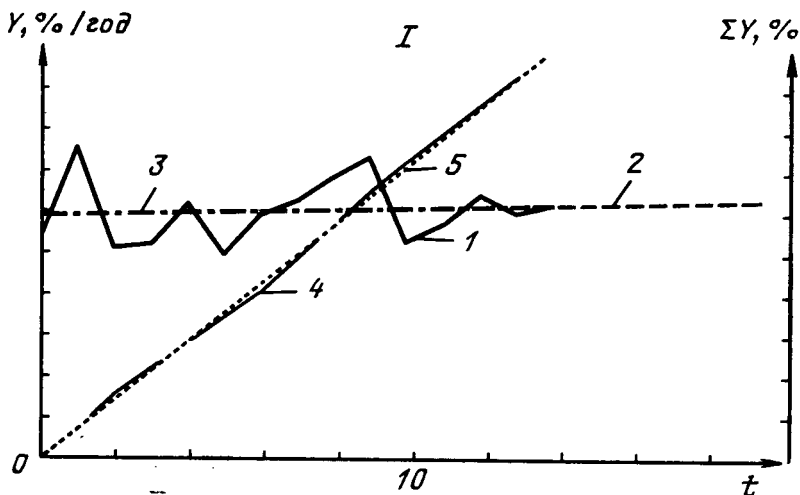


Рис. 2. Динамика содержания гумуса (по углероду) в почве среднего плодородия без удобрения (I), удобрения на 2 % ФАР (II), удобрения на 3 % ФАР (III) и удобрения по методике ВИУА (IV). Обозначения те же, что на рис. 1.

где t_0 — условное время, отсчитываемое от начала процесса гумусообразования, характерного для изучаемого варианта технологии, лет; c — относительное ускорение (тор-

можение) процесса гумусообразования, год^{-1} ; b — суммарный показатель, характеризующий потенциальную возможность данной технологии по гумусообразованию (без-



размерная величина), при этом:

$$b = c(\tau_0 + \tau_{\max}), \quad (3)$$

где τ_{\max} — время, отсчитываемое от начала эксперимента до момента достижения максимального значения содержания гумуса в почве при данной технологии, лет.

Анализ экспериментальных дан-

ных с использованием уравнений (1) и (2) показывает, что в исследуемый период теоретически величины содержания гумуса (Y_t) по уравнению прямой (1) и по трансцендентной функции (2) оказались практически одинаковыми (рис. 1—5 и табл. 1) и что гумусообразование

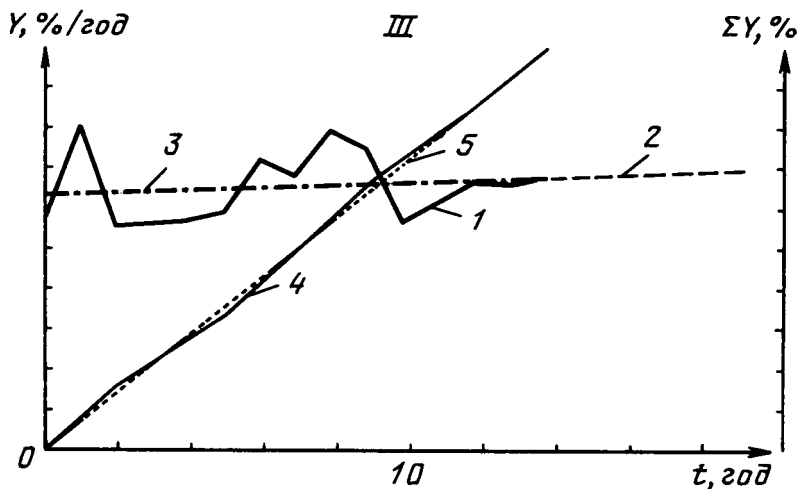
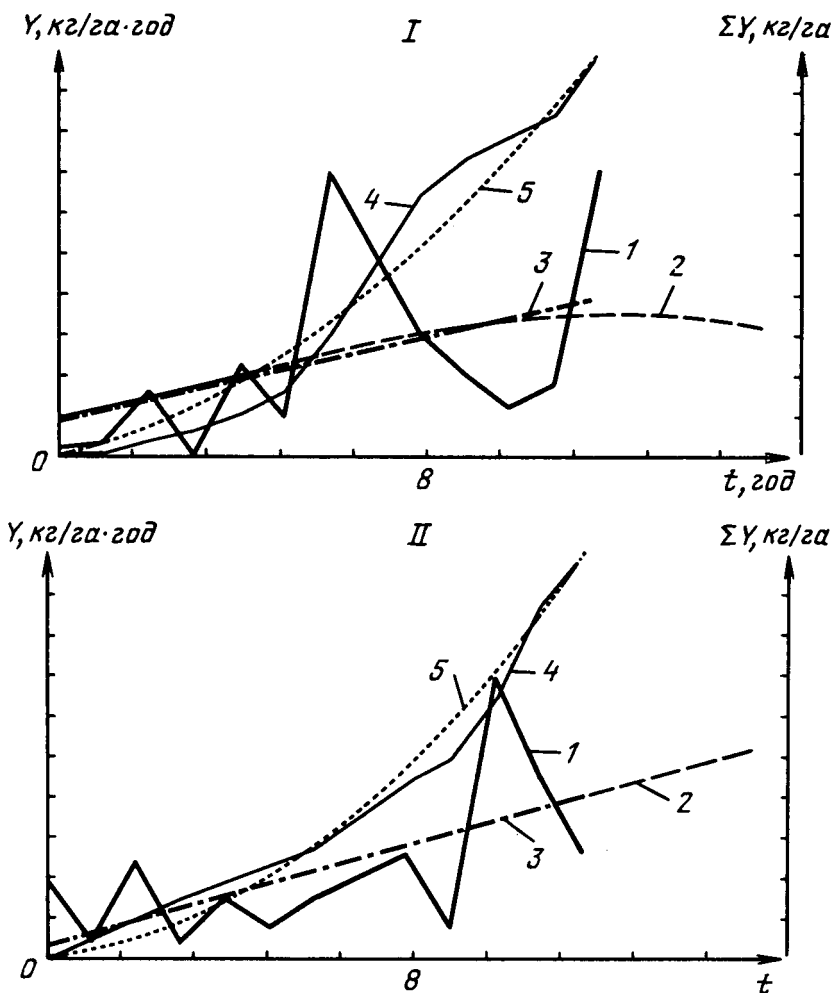


Рис. 3. Динамика содержания гумуса (по углероду) в почве повышенного плодородия без удобрения (I), удобрение на 3 % ФАР (II) и удобрение по методике ВИУА (III).

Таблица 1

Анализ динамики изменения содержания гумуса (по углероду) в почве с разным уровнем плодородия за 1974—1988 гг.

Вариант удобрения	Содержание углерода, %/год		Среднее ускорение, %/год	Начальный уровень содержания углерода, %/год		Показатели трансцендентной функции					Прибавка углерода за 15 лет
	1974	1988		по прямой	по показ. функции	τ_0 , лет	b	c , лет ⁻¹	τ_{\max} , лет	%/год	
<i>Низкое плодородие</i>											
1	0,910	0,968	0,00383	0,91	0,910	1381	32,7	0,01947594	298	1,635	0,058
<i>Среднее плодородие</i>											
1	1,070	1,126	0,00374	1,07	1,070	1226	18,0	0,01118831	383	1,966	0,056
2	1,134	1,317	0,01217	1,13	1,134	298	9,6	0,02149841	149	2,260	0,183
3	1,148	1,423	0,01840	1,15	1,148	326	24,4	0,05886197	89	2,201	0,275
4	1,106	1,328	0,01485	1,11	1,106	283	13,2	0,03324705	114	2,179	0,222
<i>Повышенное плодородие</i>											
1	1,182	1,239	0,00380	1,18	1,182	-96	0,084	-0,00409187	75	1,414	0,057
3	1,281	1,435	0,01027	1,28	1,281	371	8,4	0,0146318	203	2,568	0,154
4	1,262	1,354	0,00613	1,26	1,262	528	6,4	0,00726140	353	2,575	0,092



относится к длительному процессу, поскольку $(\tau_0 + \tau_{\max})$ превышает сотни лет. При этом применяемая система удобрения, рассчитанная на аккумуляцию 2—3 % ФАР, позволяет довести содержание гумуса до максимального в лучшем случае через 90—200 лет, а другие варианты удобрения — через 350—380 лет (табл. 1).

Таким образом, с помощью математических моделей и ЭВМ удастся предсказать с довольно большой точностью возможные изменения содержания гумуса на перспективу. Это дает ориентировку экспериментатору в пересмотре применяемых агротехнических комплексов с целью ускорения накопления гумуса за определенный период.

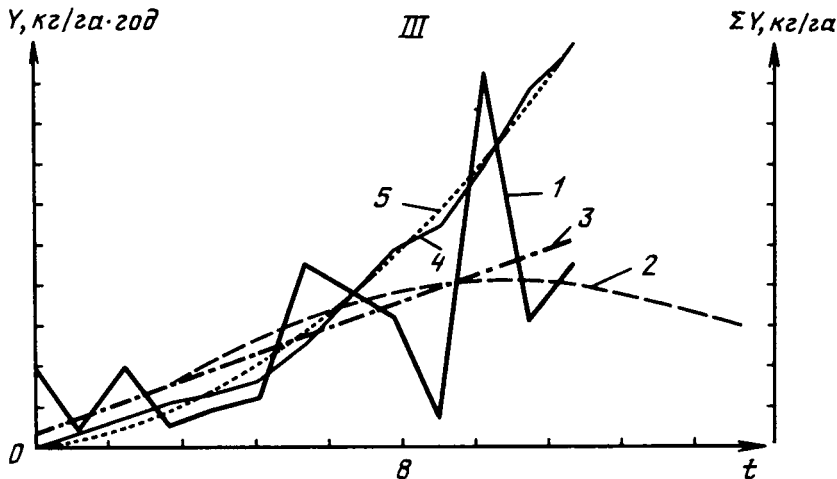


Рис. 4. Динамика вымывания в грунтовые воды органического углерода из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистой почвы низкого (I), среднего (II) и повышенного плодородия (III).

Разумеется, результаты расчетов за имеющиеся периоды исследований могут быть только ориентировочными, поскольку точность прогноза зависит от длительности периода наблюдений.

Аналогичные расчеты выполнены по всем культурам севооборота, но размер статьи не позволяет рассмотреть их, поэтому приводятся только обобщенные данные (табл. 1).

При рассмотрении фактических материалов и общей тенденции развития гумусообразования в почве, описываемого динамическими функциями (1) и (2), было установлено также, что имеют место его колебания с периодом около 11 лет.

Динамику содержания гумуса в почве можно выразить следующими общими уравнениями:

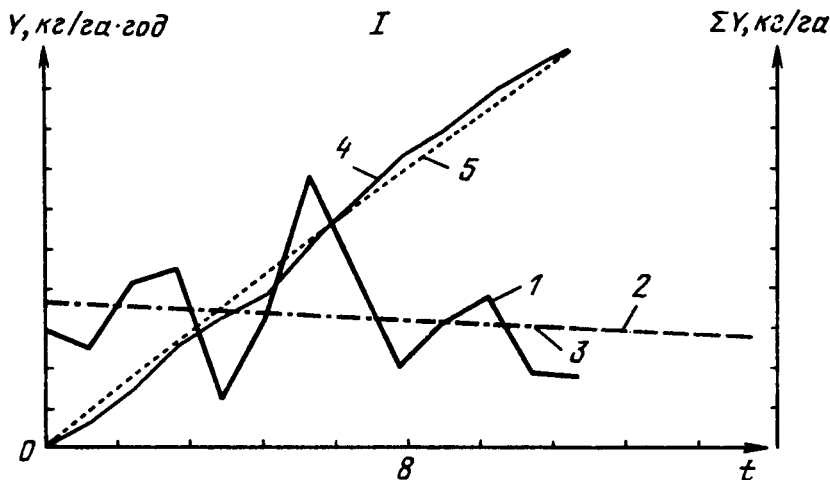
$$Y_t = Y_0 + \bar{g}t + \Delta Y_0 \sin(Wt + \varphi_0); \quad (4)$$

$$Y_t = Y_0 \left(1 + \frac{t}{\tau_0} \right)^{b-ct} e^+ + \Delta Y_0 \sin(Wt + \varphi_0), \quad (5)$$

где ΔY_0 — наибольшая амплитуда отклонений содержания гумуса от общей тенденции, %/год; $W = 2\pi/T_n \cong 6,28:11,2 = 0,561$ рад/год — частота колебательного процесса; $T_n \cong 11,2$ года — периодичность колебания, лет; φ_0 — фаза, характеризующая время начала эксперимента ко всему периоду колебания в экстремальных точках $\sin \varphi_0 = 1,0$.

Можно предположить, что наличие периодического ($T_n = 11,2$ года) колебания содержания гумуса в почве отражает активность микробиологической деятельности, тесно связанной с периодическими изменениями электромагнитной активности векторных полей Земля — Солнце. Периодичные отклонения (амплитуда ΔY_0) от общей тенденции процесса гумусообразования может достигать значительной величины: в данном эксперименте — до 0,20—0,35 %/год.

Наблюдаемая периодичность циклического колебания содержания гу-



муса была конгруэнтной (параллельно идущей) для почв с низким, средним и повышенным плодородием (табл. 2, рис. 4—5).

Точки экстремальных (минимальных и максимальных) значений содержания гумуса в почве рассчитывали на ЭВМ с использованием интегрального метода, исходя из

Таблица 2
Периодичность смены экстремальных значений содержания гумуса в почве за 1974—1988 гг.

Вариант удобрения	Годы экстремальных значений содержания гумуса в почве		
	min	max	min
<i>Низкое плодородие</i>			
1	1977—1978	1982—1983	—
<i>Среднее плодородие</i>			
1	1977—1978	1982—1983	1987—1988
2	1976—1977	1982—1983	1987—1988
3	1976—1977	1982—1983	1987—1988
4	1976—1977	1982—1983	1987—1988
<i>Повышенное плодородие</i>			
1	1977—1978	1982—1983	1987—1988
3	1977—1978	1982—1983	1987—1988
4	1977—1978	1982—1983	1987—1988

Таблица 3
Характеристика вымывания органического углерода за 1976—1988 гг.

Вариант плодородия почвы	По уравнению (1)		
	Начальный уровень в 1976 г., кг/га · год	Среднее ускорение, кг/га · год	Общий вынос, кг/га
Низкое	1,28	0,39	43,5
Среднее	0,48	0,47	39,4
Повышенное	0,53	0,60	49,5

Таблица 4
Характеристика вымывания неорганического углерода за 1976—1988 гг.

Вариант плодородия почвы	По уравнению (1)		
	Начальный уровень в 1976 г., кг/га · год	Среднее ускорение, кг/га · год	Общий вынос, кг/га
Низкое	50,3	-3,03	385,8
Среднее	42,6	-0,78	455,2
Повышенное	27,5	-0,42	299,8

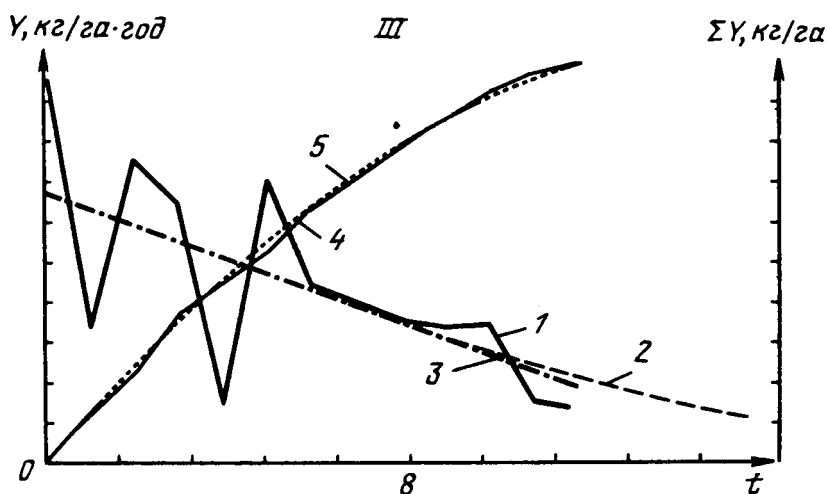
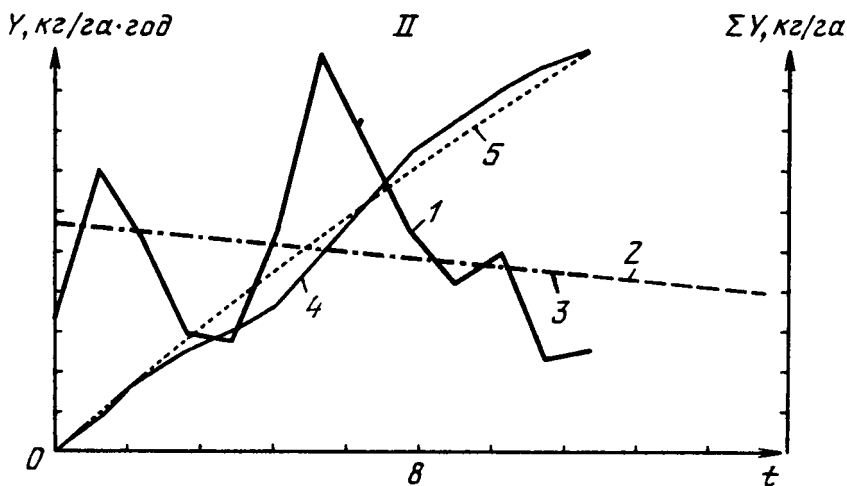


Рис. 5. Динамика вымывания в грунтовые воды неорганического углерода из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистой почвы низкого (I), среднего (II) и повышенного плодородия (III).

теории и магистральной траектории (первообразная от фактических данных пересекается с кумулятой (интегральной) от прямой в экстремальных точках).

Анализ данных о вымывании водорастворимого углерода из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистой почвы в грунтовые воды (уровень 4,5—6,0 м) показал, что неза-

Поступление углерода в почву (ц/га) с растительными остатками за 1974—1988 гг.

Культура	Вариант удобрения	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
		Вика + овес	—	7,0	9,4	6,2	7,6	5,6	8,2	18,7	9,2	8,0	5,6	4,6	6,6	5,4
Оз. пшеница	—	10,3	12,5	8,1	6,7	4,4	8,7	6,1	9,8	6,7	10,2	17,6	8,7	18,6	13,5	
Картофель	—	19,3	12,7	10,2	7,5	5,3	9,6	4,7	12,2	10,8	7,9	7,8	4,7	5,3	7,8	
Ячмень + травы	—	10,3	7,4	5,8	3,9	6,5	3,8	4,3	4,3	4,4	7,3	5,7	8,3	10,6	8,2	
Травы 1 г. п.	—	16,9	23,4	24,7	31,0	18,6	31,5	9,4	21,5	20,1	24,1	18,6	22,4	23,1	22,4	
Травы 2 г. п.	—	35,5	31,2	22,7	18,8	20,5	21,6	9,8	20,4	22,1	23,6	21,5	28,4	38,1	22,3	
Овес	—	8,9	9,5	9,5	6,0	6,6	11,4	4,6	4,4	7,1	17,8	20,8	21,1	22,4	13,6	
<i>Низкое плодородие</i>																
<i>Среднее плодородие</i>																
Вика + овес	1	—	6,7	8,6	6,2	4,0	4,3	9,8	3,6	10,2	5,7	8,2	5,6	7,6	7,7	8,4
	2	—	7,6	8,1	7,1	6,7	8,1	12,1	7,0	10,0	9,4	12,9	7,6	9,7	10,1	11,1
	3	—	7,4	8,8	7,8	5,5	7,7	11,4	6,7	16,5	10,0	13,7	8,6	10,9	10,5	12,1
	4	—	8,0	8,3	6,7	3,6	5,8	10,7	5,9	18,2	10,4	12,1	7,6	8,4	9,6	11,4
Оз. пшеница	1	15,6	16,2	24,5	12,5	9,2	7,8	14,8	—	19,7	14,4	15,4	38,2	16,7	25,1	34,5
	2	21,9	21,8	29,9	19,1	20,4	11,3	24,4	—	22,3	20,1	32,7	50,7	38,0	47,7	35,9
	3	20,0	22,4	30,9	22,0	20,3	10,4	25,3	—	30,3	18,5	39,9	52,4	39,8	37,5	47,5
	4	20,9	20,6	23,0	21,5	19,3	9,7	18,9	—	18,2	16,7	28,9	—	—	36,4	40,7
Картофель	1	5,8	18,6	5,1	8,7	5,5	8,0	8,9	9,4	5,1	4,9	9,2	10,3	8,5	8,6	11,1
	2	9,2	24,4	8,0	17,6	8,3	16,5	14,0	12,2	10,1	16,0	15,1	15,5	14,6	14,7	15,8
	3	8,0	23,3	8,8	17,4	13,3	22,1	17,5	12,1	12,0	21,2	17,2	15,3	17,1	16,3	20,1
	4	5,9	19,1	8,5	18,6	9,7	19,3	14,4	9,9	10,6	15,8	13,9	14,2	14,8	12,4	16,4
Ячмень + травы	1	10,6	13,6	10,1	12,1	9,5	7,7	8,7	5,2	4,7	6,7	9,8	9,2	10,6	13,3	10,3
	2	17,3	17,1	17,1	17,5	15,7	9,8	18,6	8,3	9,5	12,6	18,6	13,7	14,4	21,7	17,3
	3	19,5	19,8	20,8	20,2	15,3	8,5	22,7	8,4	11,7	15,2	20,8	16,9	18,2	25,9	17,7
	4	14,9	17,0	16,9	16,1	14,8	7,4	13,2	9,4	8,7	13,8	18,2	15,5	15,3	20,6	17,3
Травы 1 г. п.	1	33,1	40,0	34,6	32,4	28,6	19,1	32,8	16,1	24,6	26,8	30,4	27,4	27,8	28,3	21,6
	2	35,8	39,6	30,9	34,1	24,5	22,9	37,1	21,4	23,2	33,4	46,3	31,9	34,4	34,9	30,7
	3	39,4	38,0	34,2	33,3	21,9	20,9	39,8	24,5	23,2	34,6	40,3	33,6	36,2	36,7	33,3
	4	39,7	39,1	35,8	39,1	24,5	22,8	42,3	25,3	24,1	29,6	38,7	31,9	35,3	33,2	29,4
Травы 2 г. п.	1	31,4	40,1	39,4	35,6	28,0	26,6	46,1	19,1	30,8	25,7	33,8	31,3	34,7	34,1	24,9
	2	35,1	51,0	44,7	33,8	29,7	30,7	49,2	19,9	33,2	32,4	38,0	34,1	43,7	38,4	32,9
	3	41,1	46,6	47,4	35,1	31,4	31,3	45,5	20,7	33,6	33,5	39,3	34,9	44,5	42,1	34,6
	4	33,3	49,5	38,4	38,1	25,3	30,0	51,9	24,2	32,4	28,8	37,8	37,9	43,2	42,1	28,7
	1	5,6	13,6	11,4	9,7	10,4	9,2	12,1	6,7	9,7	10,9	35,5	28,5	22,9	29,9	17,3

Культура	Вариант удобрения	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Овес	2	14,4	16,3	16,2	17,6	13,0	15,2	17,4	8,9	15,3	15,8	31,4	39,0	26,3	50,2	23,3
	3	15,2	17,9	23,5	17,9	15,0	13,9	19,1	9,5	17,9	17,8	30,5	35,7	34,8	53,1	26,5
	4	14,4	14,6	20,2	15,9	12,6	12,1	15,2	8,2	17,2	15,9	27,5	35,4	33,5	45,8	23,2
Вика+овес	1	—	7,5	12,5	7,4	5,7	4,6	15,6	2,6	5,1	7,0	9,0	7,4	8,1	9,5	8,6
	2	—	9,2	10,9	9,1	4,9	5,4	18,2	3,6	7,5	11,6	10,7	8,9	10,5	11,5	12,2
	3	—	9,2	12,6	9,4	6,3	4,6	16,8	2,7	11,8	6,9	10,1	9,6	9,6	10,1	11,1
Оз. пшеница	1	—	18,7	16,6	10,8	9,5	7,7	14,9	10,7	16,5	15,6	19,7	36,2	28,0	28,4	34,9
	2	—	23,6	28,0	17,9	15,2	11,3	24,3	15,1	28,4	23,4	27,7	41,2	44,4	42,7	44,8
	3	—	22,1	20,8	15,0	15,7	10,2	21,2	12,0	17,8	20,8	23,6	47,3	27,5	39,8	36,4
Картофель	1	—	17,8	4,7	8,8	5,8	6,7	8,3	7,7	8,5	12,1	8,9	11,3	10,2	8,7	10,7
	2	—	22,7	8,3	16,8	13,4	15,9	14,2	10,7	11,0	17,0	17,6	17,8	19,6	15,3	18,0
	3	—	20,1	6,5	17,0	12,3	12,0	11,6	10,6	10,7	15,1	12,9	15,6	15,7	12,6	15,3
Ячмень+травы	1	—	15,6	8,0	9,9	8,9	6,6	9,5	4,9	3,5	14,1	9,0	9,0	11,0	15,7	10,8
	2	—	15,1	16,5	13,8	24,5	7,7	20,8	8,4	9,9	16,5	17,4	14,0	16,1	24,4	17,3
	3	—	14,7	16,6	13,2	23,5	8,5	13,6	6,8	5,5	18,0	15,7	14,1	14,4	21,1	17,3
Травы 1 г. п.	1	—	38,9	33,9	28,7	29,9	23,4	45,0	20,1	27,3	25,4	30,8	32,7	27,8	32,0	26,0
	2	—	40,7	34,4	37,4	24,3	22,6	45,9	17,4	29,9	28,8	43,6	34,9	36,2	37,6	32,4
	3	—	41,7	35,9	29,3	22,3	25,6	51,8	25,8	28,0	28,3	36,5	35,5	34,4	35,9	29,4
Травы 2 г. п.	1	—	48,4	35,5	33,0	24,9	25,5	44,9	26,6	30,3	24,3	33,5	34,5	34,3	38,8	24,9
	2	—	59,7	36,8	32,9	32,0	30,9	49,3	26,5	33,7	27,9	40,4	36,6	43,7	47,7	33,3
	3	—	56,7	36,2	34,3	30,1	29,8	46,7	27,0	32,0	27,5	38,8	27,0	42,4	43,9	29,9
Овес	1	—	12,3	11,8	11,7	11,6	10,0	11,8	5,5	11,9	11,9	29,0	38,3	23,2	31,0	16,5
	2	—	14,0	24,9	21,5	12,7	12,4	21,5	6,0	21,0	16,6	58,3	37,8	29,0	35,5	25,7
	3	—	12,4	16,7	14,3	11,7	10,5	21,7	5,7	17,3	15,2	36,6	37,5	25,1	42,9	20,2

Повышенное плодородие

висимо от уровня ежегодного его вымывания ускорение гумусообразования было положительным и заметно возросло (в 1,54 раза) по мере повышения плодородия почвы (табл. 3).

Вымывание неорганического углерода, напротив, значительно (более чем в 7 раз) понижалось с увеличением плодородия почвы (табл. 4).

Из табл. 5, где приведены данные о поступлении углерода в почву с растительными остатками (включая корни), следует, что в данном севообороте многолетние травы и озимая пшеница являются главными его поставщиками. Необходимо отметить также, что на поля севооборота в занятом пару и под картофель вносили навоз из расчета 10 т на 1 га севооборотной площади.

Выводы

1. Отмечены ежегодное и циклическое колебание содержания гумуса в почве, связанные с технологией выращивания культур, увлажнением

и, по всей видимости, с циклическостью электромагнитных воздействий в системе Земля — Солнце. Сопоставление урожайности и содержания гумуса в почве указывает на обратную зависимость в колебаниях между содержанием гумуса в почве и уровнем плодородия.

2. В изучаемом севообороте процессы накопления гумуса преобладают над процессами его расходования под многолетними травами, озимой пшеницей и викоовсяной смесью, процессы расходования — под картофелем, овсом и ячменем занимают промежуточное положение. Выявленная закономерность свидетельствует об обязательности чередования культур в севообороте.

3. На основе экспериментальных данных выведены уравнения магистральной прямой (линейной функции), трансцендентной функции и общее уравнение динамики содержания гумуса в почве, позволяющие предсказать его изменения на перспективу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. — Л.: Наука, 1980. — 2. Дьяконова К. В. Природа гумусовых веществ почвенного раствора, их динамика и методы изучения. — Почвоведение, 1964, № 4. — 3. Ковда В. А. Основы учения о почвах. Т. 1. — М.: Наука, 1973. — 4. Ковда В. А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. — Пушкино, 1989. — 5. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 6. Кононова М. М., Александрова И. В. Процессы гумусообразования как звено круговорота углерода в почве. — В кн.: Тр. X Междунар. конгр. почвоведов. — М.: Наука, 1974, т. 11. — 7. Кулаковская Т. Н. Современные данные о роли органического вещества в плодородии почв. — В кн.: Проблемы накопления и использования органических удобрений. Минск, 1976. — 8. Левин Ф. И. Окультуривание подзолистых почв. — М.: Колос, 1972. — 9. Лыков А. М. Органические вещества и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия. — Автореф. докт. дис. М.: ТСХА, 1976. — 10. Орлов Д. С. Спектрофотометрический анализ гумусовых веществ. — Почвоведение, 1966, № 11. — 11. Орлов Д. С., Гришин Л. А., Ершичева Н. Л. Практикум по биохимии гумуса. — М.: Изд-во МГУ, 1969. — 12. Тюрин И. В. Органическое вещество почв. — М.— Л.: Сельхозгиз, 1937. — 13. Шатилов И. С., Замаараев А. Г., Чаповская Г. В. Программирование урожая и воспроизводство плодородия почвы. — В сб.: Докл. симпозиумов VII делегат. съезда Всесоюз. об-ва почвоведов, т. 6, Ташкент, 1985. — 14. Шатилов И. С., Замаараев А. Г., Чаповская Г. В. Программирование урожая и воспроизводство плодородия дерново-подзолистой почвы. — Вестник с.-х. науки, 1985.