

ке (18) она претерпевает качественные изменения. Следовательно, значение параметра $\mu_0 = 0$ является бифуркационным [7].

Нетрудно показать, пользуясь непосредственно определением [10], что решение (19) является устойчивым по Ляпунову.

Список литературы

1. *Леонов, А. И.* Механические бесступенчатые нефрикционные передачи непрерывного действия / А. И. Леонов, А. Ф. Дубровский. – М. : Машиностроение, 1984. – 191 с.
2. *Дубровский, А. Ф.* К динамике механического бесступенчатого привода // XXVI российская школа по проблемам науки и технологий. – Екатеринбург : УрО РАН, 2006. – С. 172–178.
3. *Джакалья, Г. Е. О.* Методы теории возмущений для нелинейных систем. – М. : Наука, 1979. – 319 с.
4. *Дубошин, Г. Н.* Небесная механика. – М. : Наука, 1978. – 454 с.
5. *Боголюбов, Н. Н.* Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. – М. : Наука, 1974. – 503 с.
6. *Зубов, В. И.* Теория колебаний. – М. : Высш. шк., 1979. – 400 с.
7. *Неймарк, Ю. И.* Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. – М. : Наука, 1972. – 471 с.
8. *Дубровский, А. Ф.* К анализу периодического движения машинного агрегата с бесступенчатой регулируемой передачей // Динамика механических систем. – Владимирский политех. ин-т. – 1989. – С. 44–50.
9. *Бабицкий, В. И.* Теория виброударных систем. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
10. *Эльсгольц, Л. Э.* Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М. : Наука, 1969. – 424 с.

УДК 502.65+631.45

В. Х. Дзапаров, кандидат технических наук
Северо-Кавказский горно-металлургический институт,
(Государственный технологический университет), г. Владикавказ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОЧВУ

В результате проведенных исследований определены показатели биологической активности почв. Предложено выражение для урожайности с учетом загрязнения почвы.

Антропогенные изменения почвенного покрова происходят в трех основных направлениях: эволюция исходных почв; образование новых почв; прекращение почвообразовательных процессов.

Антропогенная эволюция первичных почв связана с изменением условий почвообразования вследствие искусственной смены фитоценозов, которая, в свою очередь, обусловлена технологическими мероприятиями, в т. ч. строительством дорог и их инфраструктуры, изменяющими физико-механические и химические свойства почвенного покрова.

В ходе проведенных исследований определены показатели биологической активности почв. Особо значительно снижение урожайности почв при их загрязнении токсичными химическими агентами. При 20 % загрязнения урожайность почв не

превышает 12 %, а при 40 % и более урожайность составляет всего 3...5 % от базового показателя. Результаты исследований проб систематизированы и обработаны с использованием методов математической статистики (табл. 1).

Таблица 1. Показатели биологической активности почв

Глубина, см	Содержание гумуса, %	Плотность, г/см ³	Кислотность, pH	Содержание азота, %	Содержание CO ₂ , %	Содержание Са, мг	Содержание Mg, мг
До 10	9,2	—	6,3	0,48	—	43,9	9,6
10...20	7,8	1,1	6,3	—	—	42,8	10,7
20...30	6,0	—	6,3	0,27	—	34,2	9,6
30...40	5,6	1,2	6,4	—	—	33,2	8,6
40...50	4,8	—	6,5	0,23	—	34,2	6,4
50...60	4,5	—	6,7	—	—	27,8	7,5
60...70	3,9	1,3	6,9	—	—	23,5	9,6
70...80	3,2	—	7,0	0,16	—	27,8	9,6
80...90	3,0	1,4	7,4	—	—	30,0	7,5
90...100	1,7	—	7,8	—	0,3	—	—
100...110	1,5	—	8,5	—	3,9	—	—
120...130	0,7	1,5	—	—	5,1	—	—
140...150	0,6	—	8,6	—	5,8	—	—

Количественная оценка влияния тяжелых металлов на растения выполнена методом вегетационного моделирования на почвах с различной концентрацией загрязнителей.

Для опыта взята почва из верхнего пахотного горизонта: чернозем кубанский тяжелосуглинистый, пылеватый. В качестве компонентов с различной химической характеристикой использованы песок, глина, лессовидный суглинок, угольная пыль, засоленные суглинки. Перед набивкой в сосуды почва и добавки к ней просеивались через сито с размером ячейки 3 мм и тщательно перемешивались. Все «деланки» подготовлены с соблюдением равных условий.

Единственным различием опытов был состав воды при орошении. В первой партии химический состав поливной воды соответствовал концентрации первой зоны загрязнения, во второй партии – второй зоны, а третья партия поливалась питьевой водой из водопровода. Полив осуществлялся через одинаковый промежуток времени.

В качестве опытной культуры для вегетационных испытаний использован ячмень. Он выращивался 2 месяца. Через каждые 10 дней замерялась высота растений. Через два месяца растения были срезаны, измерены, высушены и взвешены (табл. 2).

Для определения урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от величины загрязнения почв используется зависимость [1]

$$B_{pi} = B_0(1 - P_i) \quad (1)$$

где B_{pi} – урожайность загрязненной почвы, ед. массы; B_0 – урожайность незагрязненной почвы (базовое значение), ед. массы; P_i – величина загрязнения почвы, доли ед.

Для условий выполненного вегетационного моделирования расчетные показатели урожайности составят 1,6; 1,2; 0,8 и 0,4 г сухой массы соответственно для 20; 40; 60; 80 % величины загрязнения почвы (табл. 3).

Таблица 2. Результаты вегетационного моделирования

Вариант опыта	Загрязнение, %	Содержание гумуса, %	Высота растений, см	Выросло из 100 зерен	
				растений, шт.	сухая масса, г
1,1	0	4,60	52	90	2,017
1,2	10	4,14	41	91	1,757
1,3	20	3,68	39	83	1,510
1,4	30	3,22	37	69	1,152
2,1	40	2,76	37	51	0,826
2,2	50	2,30	35	41	0,638
2,3	60	1,84	33	30	0,450
2,4	80	0,92	31	26	0,390
3,1	100	–	30	24	0,330
3,2	0	4,60	45	86	1,983
3,3	10	4,14	42	95	2,014
3,4	20	3,68	34	91	1,820
4,2	30	3,22	33	90	1,350
4,3	40	2,76	32	45	0,675
4,4	50	2,30	31	37	0,543
5,1	60	1,84	31	30	0,411
5,2	80	0,92	30	25	0,380
5,3	100	–	28	23	0,310
5,4	20	3,68	23	15	0,243

Таблица 3. Абсолютная и относительная погрешность вычислений

Загрязнение, %	Урожайность, г		Абсолютные отклонения, г		Относительная погрешность отклонений, %		
	расчет	факт					
		1	2	1	2	1	2
20	1,6	1,51	1,82	0,09	0,22	$x = \frac{0,09 \cdot 100}{1,51} = 5,96$	$x = \frac{0,22 \cdot 100}{1,82} = 12,1$
40	1,2	0,83	0,68	0,37	0,53	$x = \frac{0,37 \cdot 100}{0,83} = 45,5$	$x = \frac{0,53 \cdot 100}{0,68} = 77,7$
60	0,8	0,45	0,41	0,35	0,39	$x = \frac{0,35 \cdot 100}{0,45} = 77,8$	$x = \frac{0,39 \cdot 100}{0,41} = 94,6$
80	0,4	0,39	0,38	0,01	0,02	$x = \frac{0,01 \cdot 100}{0,39} = 2,56$	$x = \frac{0,02 \cdot 100}{0,38} = 5,26$
100	0	0,33	0,31	0,33	0,31	$x = \frac{0,33 \cdot 100}{0,33} = 100$	$x = \frac{0,31 \cdot 100}{0,31} = 100$

Погрешности вычислений изменяются в недопустимых пределах. Поэтому этот метод нельзя рекомендовать для расчета урожайности в зависимости от загрязнения почв без установления коэффициента тождественности расчетных и фактических данных.

1. Определение тождественности расчетных и опытных данных (табл. 4):

$$\epsilon_i = \frac{B_0 - B_{\phi i}}{P_i B_0}, \quad (2)$$

где B_0 – урожайность почвы до загрязнения; $B_{\phi i}$ – урожайность почвы в зависимости от величины загрязнения.

Таблица 4. Тожественность расчетных и опытных данных

Загрязнение, %	Фактическая урожайность, г		Значения величин $B_0 - B_{\phi i}$		Значения величин $P_i B_0$		Коэффициенты тождественности		
	1	2	1	2	1	2	расчетные	оптимум	
							ε_1	ε_2	ε_i
0	2,017	1,983	—	—	—	—	—	—	—
10	1,757	2,014	0,260	-0,031	0,0202	0,198	1,287	-157	1,0
20	1,510	1,820	0,507	0,163	0,403	0,396	1,257	0,412	1,1
30	1,152	1,350	0,865	0,633	0,606	0,594	1,427	1,066	1,2
40	0,826	0,675	1,191	1,308	1,808	0,793	1,474	1,649	1,5
50	0,638	0,543	1,379	1,440	1,010	0,992	1,365	1,452	1,4
60	0,450	0,411	1,567	1,572	1,212	1,190	1,293	1,320	1,3
70	—	—	—	—	1,414	1,388	—	—	1,15
80	0,390	0,380	1,627	1,603	1,616	1,586	1,007	1,010	1,0
90	—	—	—	—	1,818	1,485	—	—	0,9
100	0,330	0,310	1,687	1,673	2,020	1,983	0,835	0,844	0,85

Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от величины загрязнения почв с учетом погрешности вычислений [2]:

$$B_{pi} = B_0 (1 - \varepsilon_i P_i), \quad (3)$$

где ε_i — оптимальный коэффициент тождественности расчетных и опытных данных, принятых в зависимости от величины загрязнения почв.

Расчетные и фактические значения зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от величины загрязнения, абсолютные и относительные погрешности отклонения урожайности приведены в табл. 5.

Таблица 5. Погрешность расчета урожайности почв

Загрязнение, %	Коэффициент	Значение величин		Урожайность, г		Абсолютные отклонения, г	Относительные погрешности отклонений, %
		0	1	расчет	факт		
0	0	0	1	2,0	2,0	0	—
10	1,0	0,1	0,9	1,8	1,885	0,085	$X = \frac{0,085 \cdot 100}{1,885} = 4,51$
20	1,0	0,2	0,8	1,6	1,665	0,065	$X = \frac{0,065 \cdot 100}{1,665} = 3,9$
30	1,2	0,36	0,64	1,28	1,251	0,029	$X = \frac{0,029 \cdot 100}{2,251} = 2,32$
40	1,6	0,64	0,36	0,72	0,751	0,031	$X = \frac{0,031 \cdot 100}{0,751} = 4,13$
50	1,4	0,7	0,3	0,6	0,591	0,009	$X = \frac{0,009 \cdot 100}{0,591} = 1,52$
60	1,3	0,78	0,22	0,44	0,431	0,009	$X = \frac{0,009 \cdot 100}{0,431} = 2,09$
70	1,15	0,805	0,195	0,39	—	—	—
80	1,0	0,8	0,2	0,4	0,385	0,015	$X = \frac{0,015 \cdot 100}{0,385} = 3,9$

Окончание табл. 5

Загрязне- ние, %	Коэффи- циент	Значение величин		Урожайность, г		Абсолютные отклонения, г	Относительные погреш- ности отклонений, %
90	0,9	0,81	0,19	0,38	—	—	—
100	0,85	0,85	0,15	0,30	0,320	0,02	$X = \frac{0,02 \cdot 100}{0,32} = 6,25$

Абсолютные и относительные погрешности вычислений по предполагаемой методике изменяются незначительно и находятся в допустимых пределах. Следовательно, предложенное аналитическое уравнение для определения урожайности почв в зависимости от их загрязнения можно рекомендовать для решения практических задач сельскохозяйственного производства.

Ущерб от загрязнения почвы подразделяется на ведомственный и народнохозяйственный. Ведомственный нормативный и фактический ущерб представляют собой убытки в результате использования загрязненных почв.

Народнохозяйственный ущерб показывает, какой убыток от загрязнения почвы получит народное хозяйство в целом. Он учитывает межведомственные экономические интересы землепользователей.

Список литературы

1. Вигдергауз, В. Е. Физико-химические проблемы комплексной переработки минерального сырья / В. Е. Вигдергауз, Э. А. Шрадер // Горный вестник. – М. : АГН, 1995. – № 2.
2. Шатилов, И. С. Программирование урожаев полевых культур / И. С. Шатилов, М. К. Каюмов : метод. рекомендации. – М. : ВАСХНИЛ, 1979. – 88 с.

УДК 622+502.3

А. К. Джиева, кандидат технических наук
Северо-Кавказский горно-металлургический институт,
(Государственный технологический университет), г. Владикавказ

ГОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ–АЛАНИЯ

Рассмотрены проблемы, связанные с влиянием горно-рудной промышленности республики на окружающую среду.

Решение экологических проблем, связанных с отходами производства и потребления (ОПП), с каждым годом становится сложнее. Все больше веществ и материалов попадает в категорию отходов, хотя, образуясь в одной отрасли промышленности, они одновременно могут быть сырьем для другой. Наряду с этим не урегулированы вопросы складирования, временного хранения и захоронения отходов, не решены вопросы экологической оценки производственных процессов предприятий, приводящих к образованию отходов.

Горно-рудная промышленность, деятельность которой связана с измельчением минералов, является одним из ведущих загрязнителей биосферы. Традиционные способы добычи минералов характеризуются большим объемом отходов,