

Н. Е. БУКРЕЕВА, Е. П. ЧЕРЕМНЫХ

Действие отходов Качканарского горно-обогатительного комбината на кислотность и азотно-фосфорный режим почвы

В системе мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов важное значение имеет максимальная утилизация промышленных отходов. В этом отношении заслуживают внимания отходы Качканарского горно-обогатительного комбината, гранулометрический и химический состав которых представлен в табл. 1. Процентное соотношение хвостов мокрого обогащения по стадиям выражается так:

1-я — 80% (крупность 1,5 мм, в том числе 0,007 мм 20—25%)

2-я — 15% (крупность 0,5 мм, в том числе 0,007 мм 40—50%)

3-я — 5% (крупность 0,1—0,2 мм, в том числе 0,007 мм 80—20%).

Сотрудниками кафедры ботаники Нижнетагильского педагогического института изучалось действие отходов на урожай растений. Установлено, что под их влиянием урожай таких растений, как картофель, горох, может повышаться на 15—20% (Белопашенцева, Караваев, 1972).

Благоприятное влияние отходов на продуктивность растений может определяться как прямым их действием на растения, так и косвенным путем через изменение химических и биологических свойств почвы, результаты изучения косвенного действия представлены в данной статье.

Действие отходов на почву изучалось на протяжении трех лет в полевых и вегетационных опытах. Полевые опыты проводились на дерново-подзолистой почве агробиостанции Нижнетагильского пединститута с рН 4,9—5,0, гидrolитической кислотностью Н-8, 70 мг/экв, суммой поглощенных оснований 13,0 мг, Р₂О₅ — 5,30 мг на 100 г воздушно-сухой почвы, содержание гумуса 2,7%, К₂О — следы.

Таблица 1

Химический состав хвостов мокрой магнитной сепарации, %

Стадия	Fe	V ₂ O ₅	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O Na ₂ O	S	P	ППП	FeO Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
1	7,2	0,05	1,0	46,9	8,8	20,1	13,2	0,19	0,82	0,007	0,029	1,8	9,7	0,06
2	7,8	0,05	1,6	44,6	9,2	19,4	13,4	0,21	0,68	0,007	0,033	1,5	5,5	0,06
3	12,2	0,09	2,23	39,7	9,4	16,8	12,8	0,25	0,61	0,01	0,032	2,3	16,7	0,06

Поскольку в отходах содержится большое количество кальция и магния, то изучались возможности их нейтрализующего действия путем введения в схему опыта варианта с известью. Полевые опыты проводились на фоне НРК по схеме: 1) контроль; 2) отходы по $\frac{3}{4}$ г. к.; 3) известь по $\frac{3}{4}$ г. к. Расчет дозы отходов проводился на основе суммы основных окислов кальция и магния. Удобрения всех видов вносились весной под культивацию. Азот вносился в форме аммонийной селитры, фосфор — суперфосфата гранулированного, калий — хлористого калия в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Площадь учетной делянки 50—100 м², повторность трехкратная. Посадка картофеля и посев гороха проводились вручную. Картофель (сорт Фаленский) высаживался на расстоянии 75x35 см, горох (сорт Красноуфимский — 70) высевался с междурядьями в 15 см при норме высева 2,0 ц/га.

Вегетационные опыты проводились в пятикилограммовых эмалированных сосудах без минеральных удобрений на двух фонах: дерново-подзолистой почве и дерново-подзолистой почве с добавлением 50% торфа с рН 4,6, Нг 16,6 мг/экв в четырехкратной повторности. Использованием двух фонов и схемой опытов (1) контроль, 2) известь по $\frac{3}{4}$ г. к., 3) отходы по $\frac{3}{4}$ г. к., 4) известь по 1 г. к., 5) отходы по 1 г. к.) предусматривалось в основном выявление действия отходов на минерализацию в почве азотистых и фосфорных органических веществ.

В почвенных образцах, взятых из полевых и вегетационных опытов в августе, определялись рН солевая на рН — метре; Нг по Каппену; количество нитратного и аммонийного азота на фотоколориметре. Определение доступного фосфора проводилось колориметрированием по А. Г. Кирсанову с использованием молибденового реактива. Количество подвижного алюминия Al^{3+} определялось путем его осаждения фторидом натрия. Аммонифицирующая способность почвы учитывалась путем трехдневного компостирования ее с гороховой мукой, а нитрифицирующая — двухнедельным компостированием с сульфатом аммония при температуре 25° С и 60% влажности от полной влагоемкости. Фосфатазная активность учитывалась по методу С. Я. Михлиной, Т. К. Шлыгиной в модификации В. В. Котелева с использованием в качестве субстрата фенолфталеинфосфата натрия (Котелев, 1958).

Таблица 2

Действие отходов на обменную кислотность, мг/экв на 100 г

Вариант	Полевые опыты			Опыты с сосудами			
	1-й год	2-й год	3-й год	дерново-подзолистая почва		дерново-подзолистая почва + 50% торфа	
				1-й год	2-й год	1-й год	2-й год
Контроль	5,19	4,94	5,15	4,79	4,59	5,66	4,64
Известь по 3/4 г. к.	5,88	5,25	5,36	5,02	4,67	5,81	4,93
Отходы по 3/4 г. к.	5,32	5,06	5,07	4,55	4,52	5,73	4,45
Известь по 1 г. к.	—	—	—	5,21	4,78	6,02	5,42
Отходы по 1 г. к.	—	—	—	4,90	4,60	5,54	4,57

Таблица 3

Действие отходов на гидролитическую кислотность, мг/экв на 100 г

Вариант	Полевые опыты			Опыты с сосудами			
	1-й год	2-й год	3-й год	дерново-подзолистая почва		дерново-подзолистая почва + 50% торфа	
				1-й год	2-й год	1-й год	2-й год
Контроль	9,16	10,03	7,04	5,68	4,51	8,09	5,32
Известь по 3/4 г. к.	7,68	8,75	6,60	4,55	3,11	5,14	3,29
Отходы по 3/4 г. к.	9,44	9,91	6,96	5,69	4,41	9,08 2,8	6,22
Известь по 1 г. к.	—	—	—	2,36 4,3	2,62 3,2	3,39 10,9	2,61 3,0
Отходы по 1 г. к.	—	—	—	5,91	4,29	8,86 2,5	6,14

Примечание: в знаменателе приводится достоверность различия с контрольным вариантом при $t_{st}=2,8$.

Для оценки достоверности различий по вариантам использовался параметрический критерий Стьюдента (t_{st}). В таблицах достоверность различий по вариантам приводится в знаменателе. В нашем случае $t_{st}=2,8$.

В табл. 2, 3 приведены данные по влиянию отходов на кислотность почвы. Они свидетельствуют о том, что обменная кислотность, представляющая концентрацию ионов водорода в почвенном растворе и частично концентрацию ионов водорода,

Таблица 4

Накопление подвижного Al^{3+} во 2-й год вегетации (почва + 50 % торфа)

Варианты	Контроль	Известь по 3/4 г. к.	Отходы по 3/4 г. к.	Известь по 1,5 г. к.	Отходы по 1,5 г. к.
Подвижной Al^{3+} , мг на 100 г в/с почвы	12,37	$\frac{7,95}{3,8}$	$\frac{15,67}{7,2}$	$\frac{7,06}{5,2}$	$\frac{17,87}{7,9}$

Al^{3+} почвенного поглощающего комплекса, очень мало изменялась под действием отходов как в вегетационных, так и в полевых опытах.

На гидролитическую кислотность отходы оказали заметное подкисляющее влияние только при добавлении к почве торфа, но оно исчезало с увеличением сроков действия отходов. На этом фоне они вызвали довольно заметные накопления токсичного для растений алюминия (табл. 4).

Таким образом, как известковое удобрение отходы малоэффективны. Во всех полевых и вегетационных опытах отходы оказали положительное влияние на накопление в почве подвижного фосфора (табл. 5). Наиболее заметно они действовали на фосфорный режим почвы в полевых опытах. В вегетационных опытах различия по накоплению подвижного фосфора с контрольным вариантом наблюдались только в вариантах с дозами отходов по 1 г. к.; наиболее эффективно было их действие на фоне дерново-подзолистой почвы без торфа.

Таблица 5

Влияние отходов на накопление в почве подвижного фосфора, мг/100 г

Вариант	Полевые опыты			Опыты с сосудами			
	1-й год	2-й год	3-й год	дерново-подзолистая почва		дерново-подзолистая почва + 50% торфа	
				1-й год	2-й год	1-й год	2-й год
Контроль	7,56	4,45	3,68	1,35	4,75	5,12	5,97
Известь по 3/4 г. к. . .	8,32	4,96	$\frac{5,33}{4,4}$	1,09	4,40	5,50	6,08
Отходы по 3/4 г. к. . .	$\frac{9,16}{4,7}$	$\frac{7,81}{9,2}$	$\frac{5,61}{4,9}$	1,57	5,28	4,36	5,73
Известь по 1 г. к. . . .	—	—	—	$\frac{2,36}{2,4}$	$\frac{6,34}{2,8}$	$\frac{8,29}{1,9}$	$\frac{13,21}{4,9}$
Отходы по 1 г. к. . . .	—	—	—	$\frac{2,09}{1,5}$	$\frac{6,13}{1,8}$	$\frac{4,37}{1,6}$	$\frac{7,71}{6,4}$

Таблица 6

Влияние отходов и известкования на накопление в почве аммонийного и нитратного азота (вегетационный опыт)

Вариант	Контроль	Известь по 3/4 г. к.	Отходы по 3/4 г. к.	Известь по 1 г. к.	Отходы по 1 г. к.
Аммонийный N, мг/100 г в/с почвы	7,04	6,06	6,91	7,04	7,44
Нитратный N мг/100 г в/с почвы	1,27	1,42	$\frac{1,94}{1,9}$	$\frac{7,20}{8,0}$	$\frac{4,42}{9,6}$

Большее накопление подвижных соединений фосфора в почве в вариантах с отходами могло быть связано не только с их подкисляющим действием, но и с накоплением в почве фосфатаз, имеющих большое значение в разложении фосфоорганических веществ с высвобождением минерального фосфора. Фосфатазы накапливаются в почве в результате жизнедеятельности некоторых групп микроорганизмов и выделяются корнями растений. Исследованиями Н. А. Красильникова и В. В. Котелева (1957) установлено, что высокой фосфатазной активностью обладают многие виды бактерий и грибов. Наряду с накоплением фосфатаз одновременно протекают процессы инактивации и разложения их. Поэтому для отображения общего действия отходов на фосфорный режим почвы целесообразно было определить фосфатазную активность почвы в целом. В табл. 7 приведены результаты учета фосфатазной активности почвы в вегетационном опыте, где к дерново-подзолистой почве добавляется торф. Они свидетельствуют о том, что в наших опытах отходы способствовали значительному усилению фосфа-

Таблица 7

Влияние извести и отходов на активность микробиологических процессов в почве во второй год их действия (дерново-подзолистая почва + 50% торфа)

Вариант	Контроль	Известь по 3/4 г. к.	Отходы по 3/4 г. к.	Известь по 1 г. к.	Отходы по 1 г. к.
Аммонифицирующая актив- ность, мг аммон. N на 100 г в/с почвы	16,91	$\frac{19,50}{1,9}$	$\frac{19,44}{1,5}$	$\frac{21,75}{2,8}$	$\frac{20,30}{2,9}$
Нитрифицирующая актив- ность, мг нитрат. N на 100 г в/с почвы	4,05	$\frac{5,10}{2,0}$	4,13	$\frac{10,78}{15,0}$	$\frac{5,25}{1,6}$
Фосфатазная активность, мг освобожденного фенолфта- леина на 100 г в/с почвы .	1,22			$\frac{0,98}{2,8}$	$\frac{4,36}{2,1}$
Активность дыхания почвы, мг CO ₂ на 100 г в/с почвы	26,68			$\frac{42,00}{2,9}$	$\frac{26,82}{2,9}$

тазной активности почвы, тогда как известь несколько ее понижала. Однако известь, как и отходы, обуславливала в почве большее накопление подвижных форм фосфора. Это позволяет предполагать разный характер влияния отходов и извести на процессы, связанные с фосфорным режимом почвы. Данные по влиянию извести и отходов на активность почвенного дыхания, приведенные в табл. 7, могут свидетельствовать о том, что известь благоприятствовала общей микробиологической активности почвы, а отходы нет. Следовательно, отходы могли повлиять на накопление подвижных форм фосфора в почве в основном через увеличение ее ферментативной активности или индуцировать большее их выделение корневой системой растений.

Влияние отходов на накопление в почве минеральных форм азота обнаруживалось только в вегетационных опытах. Результаты одного из них представлены в табл. 6, из которой видно, что содержание аммонийного азота в почве (варианты как с отходами, так и известью) мало изменялось. Количество нитратного азота под действием отходов несколько повышалось, хотя в меньшей степени, чем с известью. Так, отходы несколько улучшали условия азотного питания растений в почве.

Накопление минеральных форм азота в почве определяется процессами аммонификации и нитрификации. Приведенные в табл. 7 данные показывают, что отходы способствуют усилению активности этих процессов, но в меньшей степени, чем известь, особенно при действии на нитрификацию. Благоприятное влияние извести на процесс нитрификации можно объяснить ее нейтрализующим действием. Нитрифицирующие бактерии, продуцирующие азотистую и азотную кислоты, очень чувствительны к кислотности почвы. В литературе имеются указания, что оптимальная величина рН для нитрификации 6—8. Положительное же влияние отходов на нитрифицирующую способность почвы может быть связано с действием их как твердой фазы, адсорбирующей бактерии и аммиак (Рубан, 1961).

ЛИТЕРАТУРА

Белопашенцева И. А., Караваев В. Н. 1972. Изучение влияния хвостов железной руды на урожай сельскохозяйственных растений.— В сб.: К использованию отходов Качканарского горно-обогатительного комбината в качестве удобрения. Свердловск.

Котелев В. В. 1958. К методике выделения из почвы микроорганизмов, разлагающих органодифосфаты.— Докл. ВАСХНИЛ, вып. 9.

Красильников Н. А., Котелев В. В. 1957. Качественное определение фосфатной активности некоторых групп почвенных микроорганизмов.— ДАН СССР, т. 117, № 5.

Рубан Е. Л. 1961. Физиология и биохимия нитрифицирующих микроорганизмов. М.