

УДК 632.931.1:631.8:631.582

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИТОСАНАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Д. А. ПОСТНИКОВ, С. В. КУЗНЕЦОВ, А. Ю. ЩЕРБАКОВ*

(Кафедра экологии)

В условиях агроэкологического полигона на территории экспериментального хозяйства «Большевик» Истринского района Московской области были продолжены исследования по изучению способности растений белой горчицы очищать почву от тяжелых металлов после внесения осадков сточных вод в дозах 40, 80 и 120 т сухой массы на 1 га. Показано, что за одну ротацию в пересчете на сухую массу надземная часть растений способна поглотить с 1 га загрязненной почвы до 2,3 кг цинка. Отмечено, что при коротком вегетационном периоде и устойчивости горчицы белой к пониженным температурам возможно проведение трех ротаций культуры, что увеличивает эффективность фиторекультивации.

Осадки городских сточных вод (ОСВ) становятся в настоящее время все более серьезным источником загрязнения почвы и водоемов. Только на очистных сооружениях городов России их образуется более 100 млн м³ в год. Из этого количества лишь 10~15% подвергается обработке в соответствии с современными экологическими требованиями и еще меньшая часть (не более 1,5%) утилизируется [1].

Размещение ОСВ возможно путем утилизации, а также путем захоронения на специально организованных полигонах, свалках и т.д. (депонирование).

Проблема утилизации ОСВ существует практически во всех странах, так как илы в основном загрязнены тяжелыми металлами, органическими соединениями и зоопатогенами. Использование ОСВ в удобрительных целях должно быть экологичес-

ки обосновано, чтобы исключить отрицательное воздействие на компоненты биосферы [2].

В России в качестве удобрения ОСВ организовано используются в объеме лишь около 5% [3] из-за отсутствия экологических условий их применения на землях сельскохозяйственного назначения, а также вследствие сложившегося стереотипа мышления у многих производителей, которые отрицательно относятся к самой идеи использования ОСВ на полях для повышения плодородия. Расширение масштабов применения осадков сточных вод, несомненно, возможно только после тщательного анализа результатов, полученных на специальных агроэкологических полигонах, где в условиях полевого эксперимента отрабатывается технология внесения минимально целесообразных и максимально допустимых доз ОСВ в ком-

* НИЭС.

плексе со специальными приемами очистки осадка от токсикантов. Одним из таких приемов является фитосанация.

Технология фитосанации предполагает использование растений — аккумуляторов различных токсикантов, содержащихся в ОСВ. Растения подбираются таким образом, чтобы при снижении концентрации тяжелых металлов одновременно происходило ингибирование развития патогенной микрофлоры в почве после внесения ОСВ [4].

Фитосанация в конечном итоге является необходимым элементом в технологии рециклинга осадков сточных вод в агросфере при получении экологически безопасной продукции в растениеводстве и животноводстве.

С целью отработки технологии фитосанации и изучения ее эффективности в Истринском районе Московской области на территории ГУЭХ «Большевик» был создан агроэкологический полигон, который действует с 28 июля 2003 г.

Полигон используется для разработки и внедрения полной технологии очистки загрязненных территорий от токсических веществ без вывоза грунта и агроэкологического обоснования применения фитосанации после внесения на поля в удобрительных целях осадков сточных вод, а также для проведения локального мониторинга на опытном участке, производственной практики студентов-агроэкологов, демонстрации фитосанации и обучения специалистов на полигоне, разработки технических условий по фитосанации, определения эколого-экономической эффективности полного цикла биологической санации в последствии для различных растений и применения санации как элемента фитодизайна селитебных и других территорий.

Общая площадь опытного участка 0,4 га. Размер опытной делянки 60 м², повторность 3-кратная, опыт заложен при использовании методики рендомизированных повторений. В качестве фитомелиоранта используется горчица белая. Эта культура привлекательна тем, что у нее корневая система способна проникать на большую глубину в почву, а корневые выделения растений блокируют развитие патогенной микрофлоры, что очень важно при санации загрязненных земель различного назначения. Растение имеет короткий вегетационный период, устойчиво к заморозкам (до -6°C), слабо поражается вредителями и болезнями.

Схема опыта включает 8 вариантов: 1 — контроль (почва без внесения ОСВ и посева белой горчицы); 2 — почва без внесения ОСВ + растения белой горчицы; 3 — почва + 40 т/га ОСВ; 4 — почва + 40 т/га ОСВ + растения белой горчицы; 5 — почва + 80 т/га ОСВ; 6 — почва + 80 т/га ОСВ + растения белой горчицы; 7 — почва + 120 т/га ОСВ; 8 — почва + 120 т/га ОСВ + растения белой горчицы. Дозы ОСВ рассчитаны в пересчете на сухую массу.

ОСВ вносили механизированным способом, сразу после внесения провели боронование.

В ходе выполнения исследований на полигоне предполагается создать непрерывную технологию использования ОСВ в сельскохозяйственных предприятиях Нечерноземной зоны, которая исключала бы загрязнение грунтовых вод тяжелыми металлами, попадание их в основную продукцию или компоненты экосистем.

За период первой ротации на полигоне проводились фенологические и биометрические наблюдения и учеты, а также агрохимический и мик-

роэлементный анализы ОСВ и опытного участка до внесения осадка и после скашивания зеленой массы белой горчицы. Методики использовали общепринятые: солевую вытяжку приготавливали и рН определяли по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85 Почвы); органическое вещество — по ГОСТ 26213-93 Почвы; подвижные соединения фосфора и калия — по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; массовую долю кислоторастворимых форм металлов в пробах почвы — путем атомно-абсорбционного анализа РД 52.18.191-89 МУ; содержание общего фосфора и калия в осадке сточных вод — по ГОСТ 26717(18)-85.

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе растений белой горчицы определяли в фазу цветения (окончание) по методике ЦИНАО атомно-адсорбционным методом.

Результаты

По данным предварительных исследований в условиях вегетационных опытов, выполненных в МСХА в 2000-2002 гг., при различной дозе внесения ОСВ коэффициент биологического поглощения (Кбп) зеленой

массы горчицы белой составил: по кадмию — 2, меди — 6, цинку — 10 [4]. Дальнейшее развитие тематики исследований было продолжено в условиях агроэкологического полигона в Истринском районе Московской области.

Результаты, полученные на опытном участке в ГУЭХ «Большевик», представлены в табл. 1. Так, после внесения ОСВ уменьшилась кислотность почвы ($pH_{\text{СОЛ}}$ ОСВ — 7,2). В пахотном слое увеличивалось содержание органического вещества, подвижного фосфора и калия. Содержание общего фосфора, в ОСВ составляло 3,65, а калия — 0,4%. Содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов в почве после проведения пробной ротации не превышало ПДК, но при внесении ОСВ в дозах 80 и 120 т/га существенно увеличивалась концентрация ТМ по сравнению с контролем.

Использование ОСВ с очистных сооружений г. Истры для улучшения плодородных свойств почвы наиболее целесообразно с точки зрения агроэкологии в дозе 40 т/га (4-й вариант). Внесение ОСВ в дозах 80 и 120 т/га приводит к зафосфачива-

Т а б л и ц а 1

Агрохимическая характеристика почвы после внесения ОСВ и проведения пробной ротации по вариантам опыта (ГУЭХ «Большевик» 2003 г.)

Вариант	р^КСИ	Органическое вещество, %	Подвижные формы		Кислоторастворимые формы металлов, мг/кг			
			фосфора (P ₂ O ₅), мг/кг	калия (K ₂ O), мг/кг	свинец	кадмий	медь	цинк
1 — контроль	4,3	1,05	254,3	139	11,7	0,08	8,2	18,9
2	4,0	1,06	244	126,3	12,4	0,1	9,5	23,1
3	5,17	1,5	500,6	183	13,6	0,15	18,1	34,03
4	5,14	1,42	521	168,7	10,6	0,13	18,8	30,6
5	6,15	1,63	1206	268,6	13,6	0,17	30	53,3
6	6,18	1,64	1161	244,2	12,3	0,13	29,6	44,9
7	6,17	1,76	1490	252,6	12,4	0,22	70,3	87,7
8	6,35	1,73	1336	236,0	8,3	0,14	47,8	47,9
нср ₀₅	0,5	0,2			3,3	0,03	9,9	11,6

нию корнеобитаемого слоя почвы в первый год внесения и увеличению содержания меди (от 3,7 до 8,5 раза в 5-м и 7-м вариантах соответственно). Варианты с высокими дозами ОСВ были включены в схему опыта для изучения длительного последействия эффективности фитосанации и определения экологически обоснованного числа ротаций фитомелиоранта. При использовании высоких доз ОСВ в 5-м и 7-м вариантах без применения фитомелиоранта увеличилось содержание в почве кадмия и цинка.

По результатам первого года исследования, внесение ОСВ в условиях одной (пробной) ротации существенно снижало содержание ТМ в почве в 6-м и 8-м вариантах. Общее содержание тяжелых металлов в осадке сточных вод очистных сооружений г. Истры, который использовался в опыте, составляло: по кадмию — 1,7, свинцу — 25,4, цинку — 600 и меди — 360 мг/кг. В зеленой массе белой горчицы накопление фосфора и калия (в мг/кг сухой массы) составило: во 2-м варианте — соответственно 5,5 и 9,9; 4-м — 7,06 и 11,9; 6-м — 7,4 и 17,0; 8-м — 7,3 и 17,8.

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что при дозе ОСВ 120 т/га растения положительно уже не реагируют на увеличение содержания макроэлементов в вегетативной массе; это, в свою очередь,

доказывает, что внесение осадка сточных вод в дозах 40-80 т/га наиболее оптимально для почв Московской области.

В период вегетации растения активно накапливали тяжелые металлы, особенно цинк. Его содержание в сухой массе растений 8-го варианта превышает контроль в 3,7, свинца — в 2,5 и меди — в 1,5 раза (табл. 2)

Если принять за эталон, что за каждую ротацию с 1 м² биологическая продуктивность горчицы белой в пересчете на сухую массу составляет 916 г, то с 1 га вынос цинка из почвы составит 2,3 кг, а за три ротации — 6,9 кг, что с экологической точки зрения достаточно для эффективной санации загрязненных почв после внесения ОСВ с высоким содержанием цинка.

Проведение пробной ротации продемонстрировало комплексное действие осадка сточных вод на рост и развитие растений; например, в 4-м варианте урожайность зеленой массы превосходит аналогичный показатель в контроле в 4,3, в 6-м — в 6 раз, а 8-м — в 7,7 раза.

В свежем осадке сточных вод содержится около 60% соединений в органически связанном состоянии, поэтому наиболее полные с агроэкологической точки зрения результаты можно получить в последствии, когда в почве начнется процесс микробной минерализации внесенного осадка.

Т а б л и ц а 2

Урожайность зеленой массы белой горчицы и накопление в ней тяжелых металлов (мг/кг сухой массы). 2003 г. ГУЭХ «Большевик»

Вариант	Надземная масса, г/м ²		свинец	кадмий	медь	цинк
	сырая	сухая				
2 — без ОСВ	725,7	119,0	0,41	0,20	5,95	73,75
4 — 4 0 т/га ОСВ	3125	514,0	0,98	0,23	8,02	112,05
6 — 80 т/га ОСВ	5025	804,0	1,19	0,26	11,10	180,0
8 — 1 2 0 т/га ОСВ	5725	916,0	1,04	0,27	9,31	237,0
			0,25	0,04	0,75	38,6

НСР₀₅

Заклучение

Фитосанация позволяет существенно снизить содержание токсических элементов в корнеобитаемом слое почвы после внесения ОСВ с критическим содержанием тяжелых металлов. Горчица белая является гипераккумулянтом тяжелых металлов, содержащихся в почве.

Экологически обоснованное использование осадка дает возможность существенно сократить затраты в агрофере на приобретение дорогих удобрений, разгрузить спецплощадки очистных сооружений, увеличить уровень использования отходов во вторичном цикле, сохранить ресурсы биосферы и сократить невосполнимые потери веществ и энергии в современных агроэкосистемах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ существующего положения, оценка региональных особенностей и прогноз сельскохозяйственного использования осадков сточных вод в Московской области./ Под ред. акад. ВАСХНИЛ Н. З. Милащенко. М.: ВАСХНИЛ, 1989. —
2. *Минеев В. Г. и др.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. —
3. *Мерзлая Г.Е.* Экологическая оценка ОСВ. — Химия в сельском хозяйстве, 1995, № 4, с. 38-42. —
4. *Постников Д.А., Кузнецов С.В.* Аккумуляция тяжелых металлов растениями белой горчицы в условиях вегетационного опыта. — Эколог, вестник Московского региона. 2003, вып. 2, с. 91-95.

*Статья поступила
12 мая 2004 г.*

SUMMARY

In conditions created агроэкологического range in territory of an experimental facilities (economy) «Bolshevik» researches on studying ability of plants of white mustard have been continued to clear ground from heavy metals after entering a deposit of sewage into dozes 40, 80, and 120 ton/a. It is shown, that for one rotation, in recalculation the elevated part of plants is capable of dry weight to absorption with 1 ra the polluted ground up to 2,3 kg of zinc. It is marked, that at the short vegetative period and stability of mustard white to the lowered temperatures carrying out of three rotation and increase in efficiency clarifications is possible.