

Г. А. РЫСБАЕВА, А. К. САДАНОВ, А. У. ИСАЕВА

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ СПОНТАННОЙ И ВНЕСЕННОЙ МИКРОФЛОРОЙ В СООКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

(Институт микробиологии и вирусологии МОН РК)

Показано, что степень очистки почв от нефти зависит не только от вносимого штамма углеводородокисляющих микроорганизмов, но и от использованного дополнительного легкодоступного источника углерода. Самый высокий уровень очистки почвы от нефти отмечен в варианте с использованием штамма *Micrococcus luteus* B1Ag8G, внесенного в почву совместно с фруктозой.

В результате лабораторных исследований было определено, что в контрольном образце почвы, содержащей 2% нефть, в течение месяца концентрация нефти была снижена на 3,4%. Аэрация и внесение биогенных элементов в виде 1%-ного аммофоса активизировали жизнедеятельность спонтанной микрофлоры, следствием чего стало повышение степени очистки почв до 27,8%. Создание соокислительных условий за счет дополнительного внесения в нефтезагрязненную почву с активизированной спонтанной микрофлорой (АСМ) различных органических соединений в качестве легкодоступных источников углерода позволило снизить содержание нефти в почве: в варианте с внесением 1%-ной фруктозы – на

38,5%, при внесении 1%-ной глюкозы – на 74,0%, при внесении 1%-ного глицерина – на 84,0%, при внесении 1%-ного маннита – на 79,0% и при внесении 1%-ной мальтозы – на 82,0% (рис. 1).

Высокий уровень очистки почв от нефти получен в вариантах с использованием в качестве дополнительных легкодоступных источников углерода глицерина, мальтозы и маннита.

Для определения оптимального количества вносимого органического вещества были проведены лабораторные исследования, где в почву, отобранную из резервуарного парка А и содержащую $42,2 \pm 0,5$ г нефти на 1 кг почвы, вносили различное количество глицерина, мальтозы и маннита. Условия активизации спонтанной

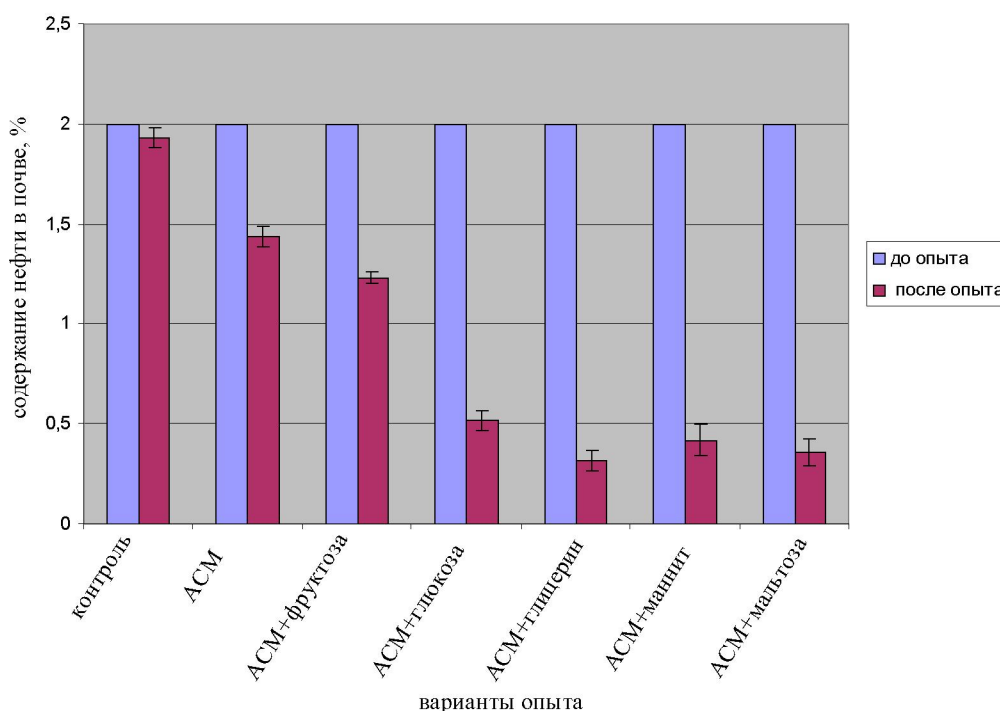


Рис. 1. Влияние внесения различных органических соединений на степень очистки почвы от нефти

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований влияния количества вносимых органических соединений на степень очистки почвы от нефти

№п/п	Соединение	Количество нефти в опытных образцах почв, содержащих различный % органических соединений, г/кг почвы						
		Контроль, без добавления органических соединений		0,1%	0,5%	1%	3%	5%
		до	после					
1	Глицерин	42,2±0,5	40,9±0,3	38,8±0,5	34,2±1,2	32,0±0,5	29,5±0,5	37,2±0,2
2	Мальтоза	42,2±0,5	41,0±0,5	39,0±0,5	32,5±0,7	30,1±0,4	27,6±0,7	26,5±1,2
3	Маннит	42,2±0,5	40,8±0,3	39,5±0,6	35,6±1,0	34,3±0,4	32,7±0,6	32,5±0,6

микробиоты почвы аналогичны описанным. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что в контроле при активизации спонтанной микрофлоры количество нефти в опытных образцах почв, содержащих различный процент органических соединений, колеблется в пределах 96,6–97,1%. Внесение различных концентраций органических соединений увеличило степень очистки на 30%. Наибольшая степень очистки была в вариантах с внесением маннита.

Так, при внесении 0,1% глицерина в соокислительных условиях содержание нефти составило 94,8%, что на 2,1% меньше, чем в контроле без внесения глицерина, на 0,3% меньше, чем в варианте с внесением мальтозы, и на 2% меньше, чем в варианте с использованием маннита. При внесении 0,5% глицерина содержание нефти после опыта составило 88,1%, что на 8,8% меньше, чем в контроле, на 4,8% больше, чем в варианте с внесением мальтозы, и на 2% меньше, чем в варианте с маннитом. В варианте с внесением 1% глицерина содержание нефти составило 93,5%, что на 3,4% меньше, чем в контроле, на 0,9% больше, чем в варианте с внесением мальтозы, и на 2,8% меньше, чем в варианте с маннитом. Аналогичные результаты получены при внесении 3% глицерина, когда концентрация нефти после опыта составила 92,1%, что на 4,8% меньше, чем в контроле, на 0,5% больше, чем в варианте с внесением мальтозы, и на 3,2% меньше, чем в варианте с маннитом.

В результате исследований было установлено, что с увеличением количества вносимого органического вещества степень очистки почв пропорционально растет.

Определение влияния внесения фруктозы, мальтозы и маннита на степень очистки почвы УОМ проводилось в лабораторных условиях, где

в почву, отобранную из резервуарного парка А и содержащую 40,2±0,5 г нефти на 1 кг почвы, внесли 1% фруктозы, мальтозы и маннита. Результаты исследований представлены в табл. 2–4.

Из табл. 2 видно, что в контроле при активизации спонтанной микрофлоры степень очистки колеблется в пределах 0,8–5,3%. Внесение фруктозы увеличило степень очистки на 29,7%. В варианте с внесением штамма *Micrococcus varians* B1Ag16G степень очистки составила 67,7%, что на 62,2% больше, чем в контроле, на 32,5% больше, чем в опыте с внесением фруктозы. При внесении штамма *Micrococcus luteus* B1Ag8G степень очистки 70,2%, что на 66,9% больше, чем в контроле, на 37,1% больше, чем при внесении фруктозы. В аналогичных опытах при использовании штамма *Micrococcus roseus* B1Ag6G степень очистки составила 63,2%, что на 59,7% больше, чем в контроле, на 29,9% больше, чем в варианте с внесением фруктозы. При использовании штамма *Bacillus subtilis* Г311/1, степень очистки составила 68%, что на 62,7% больше, чем в контроле, и на 33% больше, чем в варианте с фруктозой. В опыте со штаммом *Azotobacter chroococcum* ГП11 степень очистки 55,3%, что на 54% больше, чем в контроле, на 27% больше, чем в варианте с использованием фруктозы. При внесении штамма *Azotobacter chroococcum* ГП21 степень очистки составила 55,3%, что на 54,3% больше, чем в контроле, и на 27% больше, чем в аналогичном варианте с фруктозой. В аналогичном варианте со штаммом *Azotobacter chroococcum* ГП35 степень очистки 56,5%, что на 55,7% больше, чем в контроле, на 30,2% больше, чем при внесении фруктозы. В опыте с внесением штамма *Azotobacter chroococcum* ГП149 степень очистки 52,8%, что на 51,3% больше, чем в контроле, на 26,2% больше, чем в варианте с внесением фруктозы.

Таблица 2. Влияние внесения фруктозы на степень очистки почвы от нефти

№ п/п	Микроорганизм (штамм)	Содержание нефти, контроль без УОМ		Содержание нефти в варианте + фруктоза, 1%			
				без УОМ		с УОМ	
		до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта
1	<i>Micrococcus varians</i> B1Ag16G	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	26,1±0,3	40,2±0,5	13,1±0,3
2	<i>Micrococcus luteus</i> B1Ag8G	40,2±0,5	38,9±0,5	40,2±0,5	26,9±0,5	40,2±0,5	12,0±0,5
3	<i>Micrococcus roseus</i> B1Ag6G	40,2±0,5	38,8±0,3	40,2±0,5	26,8±0,3	40,2±0,5	14,8±0,3
4	<i>Bacillus subtilis</i> Г311/1	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	26,1±0,3	40,2±0,5	12,9±0,3
5	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР11	40,2±0,5	39,7±0,5	40,2±0,5	28,7±0,5	40,2±0,5	18,0±0,5
6	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР21	40,2±0,5	39,8±0,3	40,2±0,5	28,8±0,3	40,2±0,5	18,0±0,3
7	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР35	40,2±0,5	39,9±0,3	40,2±0,5	29,6±0,3	40,2±0,5	17,5±0,3
8	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР149	40,2±0,5	39,6±0,5	40,2±0,5	29,5±0,5	40,2±0,5	19,4±0,5

Таблица 3. Влияние внесения мальтозы на степень очистки почвы от нефти

№ п/п	Микроорганизм (штамм)	Содержание нефти, контроль без УОМ		Содержание нефти в варианте + мальтоза, 1%			
				без УОМ		с УОМ	
		до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта
1	<i>Micrococcus varians</i> B1Ag16G	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	26,1±0,3	40,2±0,5	13,1±0,3
1	<i>Micrococcus varians</i> B1Ag16G	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	27,1±0,3	40,2±0,5	14,1±0,3
2	<i>Micrococcus luteus</i> B1Ag8G	40,2±0,5	38,9±0,5	40,2±0,5	27,9±0,5	40,2±0,5	13,0±0,
3	<i>Micrococcus roseus</i> B1Ag6G	40,2±0,5	38,8±0,3	40,2±0,5	27,8±0,3	40,2±0,5	15,8±0,
4	<i>Bacillus subtilis</i> Г311/1	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	27,1±0,3	40,2±0,5	13,9±0,3
5	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР11	40,2±0,5	39,7±0,5	40,2±0,5	29,7±0,5	40,2±0,5	19,0±0,
6	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР21	40,2±0,5	39,8±0,3	40,2±0,5	29,8±0,3	40,2±0,5	19,1±0,
7	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР35	40,2±0,5	39,9±0,3	40,2±0,5	30,1±0,3	40,2±0,5	18,5±0,3
8	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР149	40,2±0,5	39,6±0,5	40,2±0,5	30,2±0,5	40,2±0,5	20,1±0,5

Таблица 4. Влияние внесения маннита на степень очистки почвы от нефти

№ п/п	Микроорганизм (штамм)	Содержание нефти, контроль без УОМ		Содержание нефти в варианте + маннит, 1%			
				без УОМ		с УОМ	
		до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта
1	<i>Micrococcus varians</i> B1Ag16G	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	28,2±0,3	40,2±0,5	15,5±0,3
2	<i>Micrococcus luteus</i> B1Ag8G	40,2±0,5	38,9±0,5	40,2±0,5	28,2±0,5	40,2±0,5	14,3±0,5
3	<i>Micrococcus roseus</i> B1Ag6G	40,2±0,5	38,8±0,3	40,2±0,5	28,1±0,3	40,2±0,5	16,0±0,
4	<i>Bacillus subtilis</i> Г311/1	40,2±0,5	38,1±0,3	40,2±0,5	28,1±0,3	40,2±0,5	15,9±0,3
5	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР11	40,2±0,5	39,7±0,5	40,2±0,5	30,7±0,5	40,2±0,5	20,2±0,
6	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР21	40,2±0,5	39,8±0,3	40,2±0,5	30,8±0,3	40,2±0,5	20,1±0,
7	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР35	40,2±0,5	39,9±0,3	40,2±0,5	30,9±0,3	40,2±0,5	19,7±0,3
8	<i>Azotobacter chroococcum</i> ГР149	40,2±0,5	39,6±0,5	40,2±0,5	30,8±0,5	40,2±0,5	20,3±0,5

Данные табл. 3 позволяют отметить, что в контроле степень очистки почвы колеблется в пределах 0,8–5,3%. При внесении мальтозы степень очистки увеличилась на 27,3%. При использовании штамма *Micrococcus varians* B1Ag16G степень очистки составила 65%, что на 59,7% больше, чем в контроле, на 32,4% больше, чем в

варианте с внесением мальтозы. В варианте с внесением штамма *Micrococcus luteus* B1Ag8G степень очистки 67,7%, что на 64,4% больше, чем в контроле, на 37,1% больше, чем в варианте с внесением мальтозы. При внесении штамма *Micrococcus roseus* B1Ag6G степень очистки составила 60,7%, что на 57,2% больше, чем в контроле, и на 29,6% больше, чем в варианте с маль-

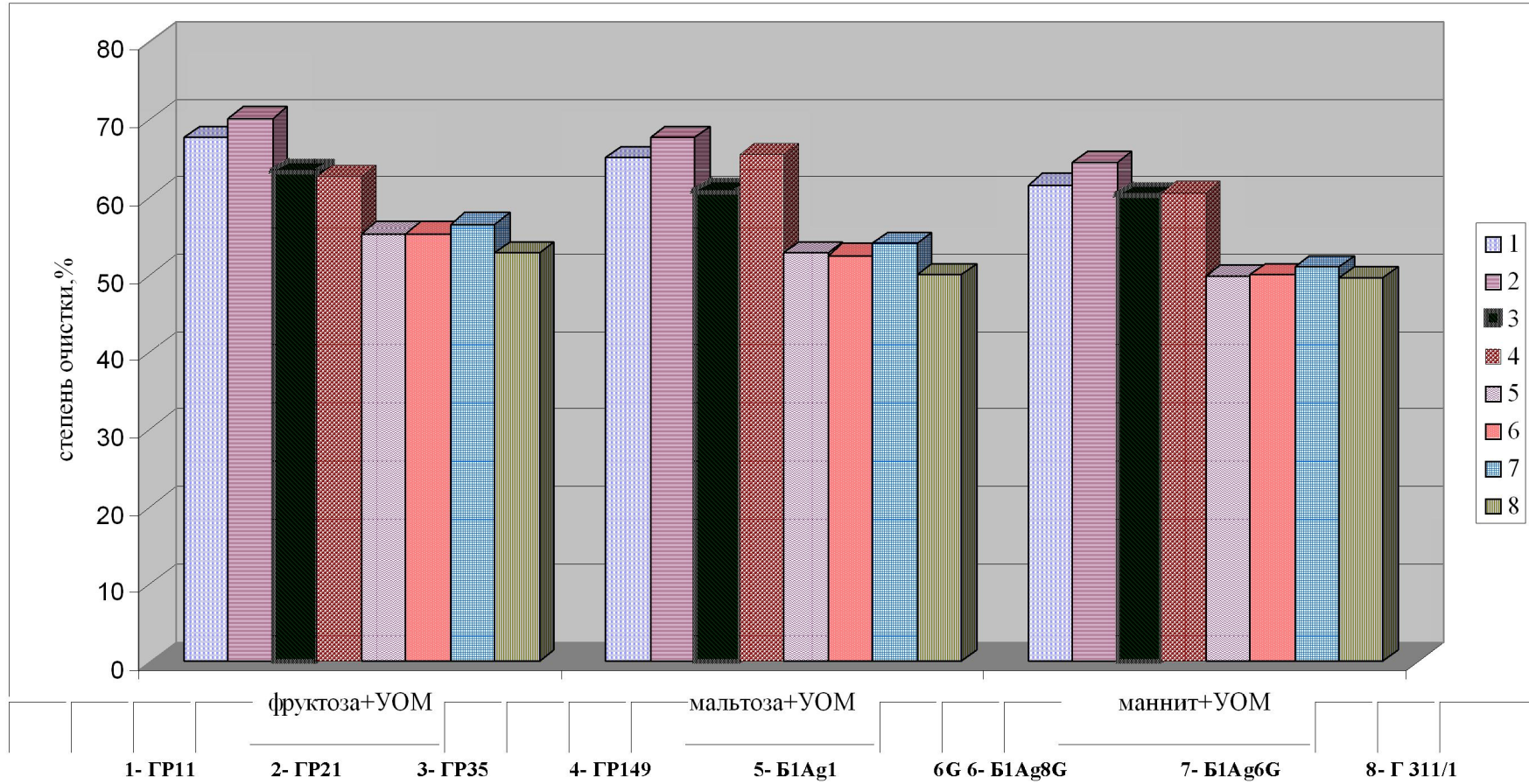


Рис. 2. Степень очистки почвы различными углеводородами

тозой. В опыте с внесением штамма *Bacillus subtilis* Г311/1 степень очистки 65,5%, что на 51,5% больше, чем в контроле, на 32,9% больше, чем в опыте с использованием мальтозы. Со штаммом *Azotobacter chroococcum* ГП11, степень очистки составляет 52,8%, что на 54% больше, чем в контроле, на 26,6% больше, чем в варианте с мальтозой. В аналогичном опыте со штаммом *Azotobacter chroococcum* ГП21 степень очистки составила 52,5%, что на 51,5% больше, чем в контроле, на 26,6% больше, чем в варианте с внесением мальтозы. При внесении штамма *Azotobacter chroococcum* ГП35 степень очистки достигает 54%, что на 53,2% больше, чем в контроле, на 28,8% больше, чем в варианте с использованием мальтозы. В варианте с внесением штамма *Azotobacter chroococcum* ГП149 степень очистки 50%, что на 48,5% больше, чем в контроле, и на 25,1% больше, чем в варианте с использованием мальтозы.

Исходя из полученных данных можно отметить, что при активизации спонтанной микрофлоры степень очистки в контроле колеблется в пределах 0,8–5,3%. Внесение маннита увеличило степень очистки на 24,8%. Так, при внесении штамма *Micrococcus varians* В1Аg16G степень очистки составила 61,5%, что на 56,2% больше, чем в контроле, на 31,6% больше, чем в варианте с внесением маннита. При внесении штамма *Micrococcus luteus* В1Аg8G степень очистки 64,5%, что на 61,2% больше, чем в контроле, и на 34,6% больше, чем в варианте с маннитом.

Со штаммом *Micrococcus roseus* В1Аg6G степень очистки составила 60,2%, что на 56,7% больше, чем в контроле, на 30,1% больше, чем в варианте при внесении маннита. При использовании штамма *Bacillus subtilis* Г311/1 степень очистки составляет 60,5%, что на 55,2% больше, чем в контроле, на 30,4% больше, чем в варианте с внесением маннита. В опытных вариантах со штаммом *Azotobacter chroococcum* ГП11 степень очистки достигает 49,8%, что на 48,5% больше, чем в контроле, на 26,1% больше, чем в варианте с использованием маннита. В опыте со штаммом *Azotobacter chroococcum* ГП21 степень очистки 50%, что на 49% больше, чем в контроле, на 26,6% больше, чем в варианте с внесением маннита. В варианте с внесением штамма *Azotobacter chroococcum* ГП35 степень очистки составляет 51%, что на 50,2% больше, чем в контроле, на 27,8% больше, чем в варианте с внесением маннита. При внесении штамма *Azotobacter chroococcum* ГП149 степень очистки составила 49,6%, что на 48,1% больше, чем в контроле, на 25,8% больше, чем в варианте с внесением маннита (рис. 2).

Таким образом, установлено, что степень очистки почв от нефти зависит не только от вносимого штамма углеводородокисляющих микроорганизмов, но и от использованного дополнительного легкодоступного источника углерода. Самый высокий уровень очистки почвы от нефти отмечен в варианте с использованием штамма *Micrococcus luteus* В1Аg8G, внесенного в почву совместно с фруктозой.