

УДК 57:537.531

UDC 57:537.531

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ И НЕФТЬЮ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО¹

INFLUENCE OF THE COMBINED EFFECTS OF MICROWAVE RADIATION, OIL AND LEAD POLLUTION ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF AN ORDINARY BLACK SOIL

Мазанко Мария Сергеевна

Mazanko Maria Sergeevna

Денисова Татьяна Викторовна
д.б.н., профессор

Denisova Tatyana Viktorovna
Dr.Sci.Tech., associate professor

Тащив Сергей Сергеевич
к.б.н., доцент

Tachshiev Sergey Sergeevich
Cand.Biol.Sci., associate professor

Колесников Сергей Ильич
д.с.-х.н., профессор

Kolesnikov Sergey Ilich
Dr.Sci.Agr., professor

Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Россия

South Federal University, Rostov-on-Don, Russia

В модельных экспериментах изучено влияние сочетанного воздействия химических загрязнителей (PbO 1000 мг/кг, нефти 5% от массы почвы) и сверхвысокочастотного излучения (СВЧ-излучения) мощностью 450 и 800 Вт (длительность 1 минута) на ферментативную активность, численность микрофлоры и показатели фитотоксичности чернозема обыкновенного. Установлено, что сочетанное воздействие является системным, а не простой суммацией эффектов отдельных загрязнителей, показано отсутствие прямо пропорциональной зависимости между мощностью СВЧ-излучения и его биологическом эффектом в рамках сочетанного загрязнения

In the model experiments we studied the effect of combined action of chemical pollutants (PbO 1,000 mg / kg oil 5% by weight of soil) and microwave radiation (SHF radiation) with a capacity of 450 and 800 W (duration 1 minute) on the enzymatic activity, the number of microorganisms and indicators of phytotoxicity of an ordinary black soil. We found that the combined effect is systemic, rather than a simple summation of the effects of individual pollutants, shown no direct proportion between the power of the microwave radiation and its biological effect in the combined pollution

Ключевые слова: СОЧЕТАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ЧЕРНОЗЕМ, СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЕ, НЕФТЬ, СВИНЕЦ

Keywords: COMBINED ACTION, BLACK SOIL, POLLUTION, MICROWAVE RADIATION, LEAD, OIL

Введение

К настоящему времени проблеме сочетанного воздействия химического и электромагнитного загрязнений окружающей среды посвящено относительно немного исследований. Главным их результатом можно считать отсутствие однозначности последствий. В разных работах был установлен как синергетический, так и антагонистический эффект

¹ Исследования поддержаны ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (№ 14.740.11.1029, № П322).

совместного воздействия [1, 2, 3, 4]. Одна из сложностей подобных исследований заключается в том, что последствия зависят от многих факторов: природы химических веществ, их концентраций и форм соединений, природы электромагнитных излучений, их доз, сроков воздействия и других факторов. Таким образом, проводимые в настоящее время исследования по данной проблеме являются в большой степени рекогносцировочными и для установления фундаментальных закономерностей требуют дополнительного накопления экспериментального материала.

Также важным является то, что применительно к почве и ее биоте как в нашей стране, так и за рубежом сочетанное воздействие химического и электромагнитного загрязнений изучалось в очень малой степени, хотя именно в почвенной среде наиболее часто и с наибольшей интенсивностью наблюдается комбинация этих воздействия. Соответственно реализация настоящего проекта позволит получить результаты мирового уровня.

Цель настоящей работы — установить закономерности сочетанного воздействия химического загрязнения и СВЧ-излучения на численность и активность почвенных микроорганизмов, ферментативную активность, фитотоксические свойства чернозема обыкновенного.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран чернозем обыкновенный карбонатный южно-европейской фации. Данный тип почв был выбран в связи с тем, что они составляют большую часть почвенного покрова Юга России и имеют особое значение в продовольственном обеспечении страны [5]. Климатические условия: среднегодовая температура 8°C, $\sum_{10^{\circ}}$ 2000-3000°, среднемесячное количество осадков 270-500 мм, гидротермальный коэффициент 0,7-0,8, продолжительность промерзания на 20 см – 3 мес., pH 7,7, содержание гумуса 4,9%, тип угодья - пашня [6]. Почва для модельных экспериментов была отобрана из

пахотного горизонта (0-20 см, Ботанический сад ЮФУ г. Ростова-на-Дону).

Воздушно-сухие образцы почв увлажняли водой (60% от полной влагоемкости). Далее образцы почв равномерно загрязняли нефтью в концентрации 5% от массы почвы, или свинцом в виде оксида свинца PbO, 1000 мг/кг. Затем загрязненные и незагрязненные образцы почвы подвергали воздействию СВЧ-излучения при помещении их в микроволновую печь марки «SAMSUNG», магнетрон которой работает на частоте 2450 МГц, длительность воздействия – 1 минута. Затем все образцы компостировали при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении в течение 10 суток. Эксперимент ставили в 3-кратной повторности. Схема эксперимента: 1. Контроль; 2. PbO, 1000 мг/кг; 3. Нефть, 5% от массы почвы; 4. СВЧ-излучение, мощность 450 Вт; 5. СВЧ-излучение, мощность 800 Вт; 6. PbO 1000 мг/кг + СВЧ-излучение мощностью 450 Вт; 7. PbO 1000 мг/кг + СВЧ-излучение, мощность 800 Вт; 8. Нефть 5% от массы почвы + СВЧ-излучение, мощность 450 Вт; 9. Нефть 5% от массы почвы + СВЧ-излучение, мощность 800 Вт.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в биологии почв методов.

Численность микроорганизмов определяли в свежих незагрязненных и загрязненных образцах. Численность аммонифицирующих бактерий учитывали посевом на среде МПА, амилолитических – на КАА, численность целлюлозолитических – на среде Хатчинсона, нефтеокисляющих – на селективной среде для выделения нефтеокисляющих бактерий, численность грамотрицательных – на среде МПА с добавлением бриллиантового зеленого, спорообразующих – на среде МПА при посеве из пастеризованной суспензии, обилие микромицетов — на кислой среде Чапека. Бактерии рода *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби [7, 8, 9, 10].

Активность ферментов определяли в инкубированных незагрязненных и загрязненных образцах. Активность каталазы измеряли по методу Галстяна, дегидрогеназы — по методу Галстяна в модификации Хазиева [10].

О фитотоксичности почвы судили по изменению *показателей прорастания* семян: всхожесть, энергия, скорость и дружность прорастания и показателей *интенсивности начального роста*: длина корней, длина побегов [10, 11].

Статистическая обработка данных (дисперсионный и корреляционный анализы) была выполнена с использованием статистического пакета Statistica 6.0 для Windows.

Результаты и обсуждение

Результаты, полученные при исследовании влияния химического и СВЧ-излучения на почвенные ферменты, а также фитотоксичность почвы, представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ И ФИТОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

	Конт роль	PbO 1000 мг/кг	Нефть 5%	СВЧ 450Вт	PbO + СВЧ 450Вт	Нефть + СВЧ 450Вт	СВЧ 800Вт	PbO + СВЧ 800Вт	Нефть + СВЧ 800Вт
Активность каталазы									
мл O ₂ /Г	14,08	11,96	7,46**	14,78	12,95	5,91**	11,68*	10,56*	5,91**
Активность дегидрогеназы									
мл O ₂ /Г	24,98	17,99*	24,98	19,23*	19,48*	35,72**	26,23	18,98*	27,73
Длина побегов									
мм	28,65	22,92*	12,03**	20,34*	25,21	14,61*	46,7**	36,96*	16,9*
Длина корней									
мм	33,97	23,78*	15,29**	21,74*	26,84	22,08*	52,32**	46,2*	24,46*

Достоверные отличия по отношению к контролю: * p<0,05; ** p<0,01.

Влияние сочетанного излучения на каталазу показано на рисунке 1.

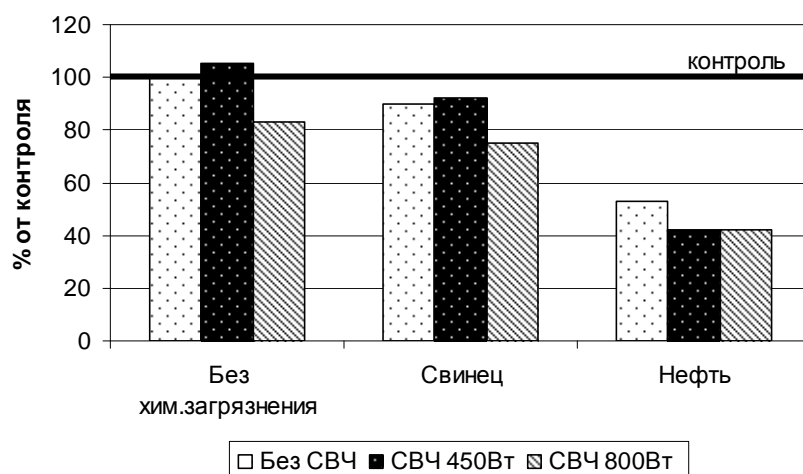


Рисунок 1. Влияние сочетанного загрязнения на активность каталазы, в % от контроля.

СВЧ-излучение мощностью 450 Вт не оказало достоверного влияния на активность каталазы, увеличение мощности до 800 Вт влекло за собой снижение активности на 17% ($p < 0,05$). Аналогичная картина наблюдалась и в случае свинцового загрязнения. Оксид свинца, а также его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 450Вт не вызвало изменений каталазной активности, с увеличением мощности до 800 Вт активность снизилась на 25% ($p < 0,05$) от контроля. СВЧ-излучение способно оказывать негативное воздействие на биологические объекты как посредством теплового воздействия, так и за счет влияния излучения на кинетику биохимических реакций, структуру белковых молекул, влияния на ионы клеточных электролитов [12, 13]. Добавление к почве нефти вызвало снижение активности фермента на 47% ($p < 0,01$), что может быть связано с обволакиванием почвенных частиц углеводородами нефти, а также с выделением в почву токсичных веществ, содержащихся в нефти, а также токсичных продуктов ее разложения. Воздействие СВЧ вызывало снижение уровня активности каталазы на 58% ($p < 0,01$) в обоих случаях [14].

Влияние тех же факторов на активность дегидрогеназы показаны на рисунке 2.

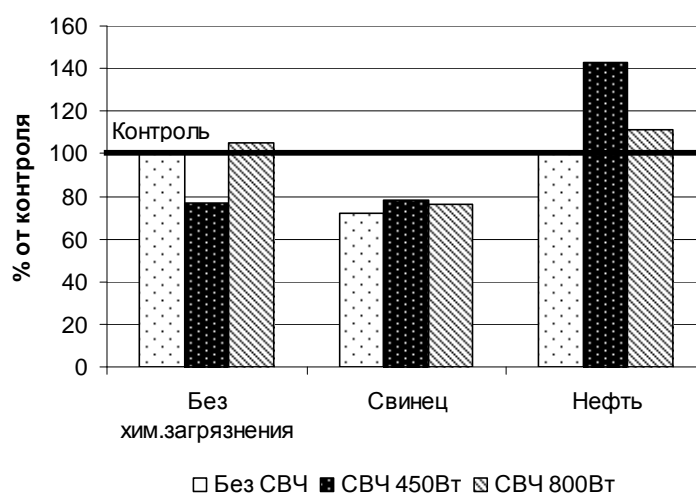


Рисунок 2. Влияние сочетанного загрязнения на активность дегидрогеназы в % от контроля.

СВЧ-излучение мощностью 800 Вт не оказало достоверного влияния на активность дегидрогеназы, а отличие от СВЧ-излучения мощностью 450 Вт, вызвавшего снижение активности на 23% ($p < 0,05$). Свинцовое загрязнение, вызывало снижение активности изучаемого фермента на 28% ($p < 0,05$), а его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 450 и 800 Вт – на 22 и 24% ($p < 0,05$) соответственно. Загрязнение нефтью не вызывало достоверных изменений в активности изучаемого фермента, как и его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 800 Вт. Однако сочетанное излучение нефтяного загрязнения с СВЧ-излучением мощностью 450 Вт вызвало увеличение активности дегидрогеназы на 43% ($p < 0,01$).

Такие показатели, как всхожесть, а также энергия, скорость и дружность прорастания не проявили достоверных изменений во всех вариантах эксперимента. Однако было показано влияние загрязнений на длину корней и побегов тест-объекта – редиса. Эти данные показаны на рисунке 3.

(А)

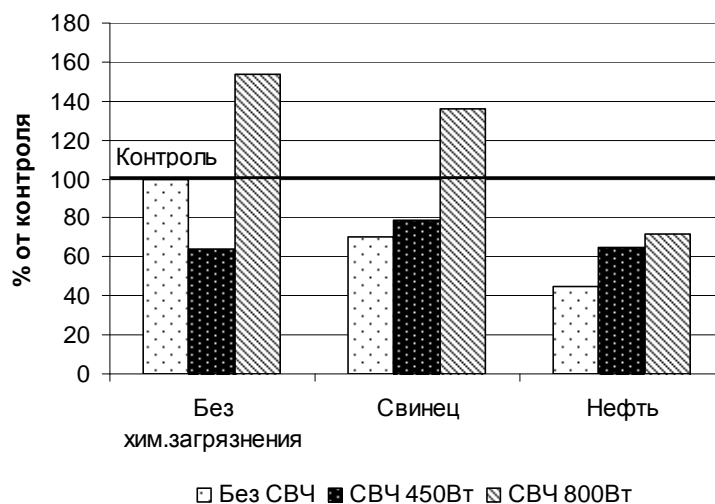
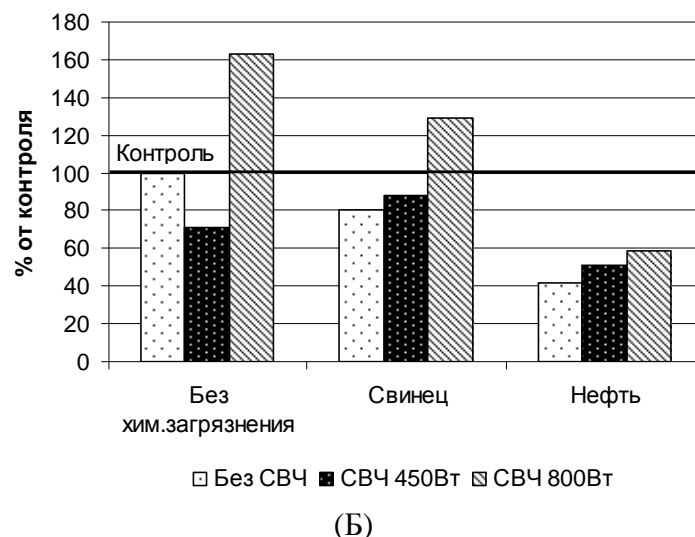


Рисунок 3 Влияние сочетанного загрязнения на длину побегов (А) и корней (Б) тест-объекта в % от контроля.

СВЧ-излучение мощностью 450 Вт негативно влияло на длину побегов и корней, вызывая снижение на 29 и 36% ($p < 0,05$) соответственно. Повышение мощности до 800 Вт, напротив, вызвало увеличение длины побегов на 63% и длины корней на 42% ($p < 0,01$). Загрязнение свинцом вызывало уменьшение длины побегов и корней а 20 и 30% ($p < 0,05$) соответственно. Сочетанное воздействие свинцового и СВЧ-загрязнения мощностью 450 Вт достоверно не влияло на длины побегов и корней проростков редиса, а увеличение мощности до 800 Вт вело к усилению ростовых процессов проростков, с усилением роста побегов и корней на 29

и 36% ($p < 0,05$) соответственно. Нефтяное загрязнение во всех случаях снижало показатели длины побегов и корней проростков редиса на 58 и 55% ($p < 0,01$) в случае только нефтяного загрязнения, на 49 и 45% ($p < 0,05$) в случае его сочетания с СВЧ-излучением мощностью 450Вт и на 41 и 28% ($p < 0,05$) в случае сочетания с СВЧ-излучением мощностью 800Вт.

Результаты, полученные при исследовании влияния химического и СВЧ-излучения на почвенные микроорганизмы, представлены в Таблице 2.

Таблица 2 - ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

	Контроль	PbO 1000 мг/кг	Нефть 5%	СВЧ 450Вт	PbO + СВЧ 450Вт	Нефть + СВЧ 450Вт	СВЧ 800 Вт	PbO + СВЧ 800Вт	Нефть + СВЧ 800Вт
Численность аммонифицирующих бактерий									
млн. КОЕ/г	8,48	8,48	9,75	11,19*	7,04*	7,29*	10,26*	9,16	10,35*
Численность спорообразующих бактерий									
млн. КОЕ/г	11,2	4,93	12,32*	7,06*	5,38*	3,36*	5,71*	11,32	8,51*
Численность грамотрицательных бактерий									
млн. КОЕ/г	4,78	3,34*	5,25	4,11	2,2**	2,63*	3,96	5,73*	9,7**
Численность амилаолитических бактерий									
млн. КОЕ/г	11,61	10,79	8,36*	7,54*	9,17*	6,38*	9,28*	11,84	13
Численность актиномицетов									
млн. КОЕ/г	2,68	0,96*	2,81	0,83**	0,83*	1,34*	0,75**	0,48**	1,07**
Численность целлюлозолитических бактерий									
млн. КОЕ/г	3,04	1,58*	2,15*	1,67*	1,94*	0,91*	1,73*	1,43*	0,67**
Численность нефтеокисляющих бактерий									
млн. КОЕ/г	16,78	20,14*	10,74**	13,26	19,47	13,59*	14,94	16,11	9,57**
Обилие почвенных микромицетов									
тыс. КОЕ/г	55,61	63,96	49,5	83,98*	47,27	48,38	50,61*	76,19*	71,74*
% от контроля	100	115	89	151	85	87	91	137	129

Достоверные отличия по отношению к контролю: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Аммонифицирующие бактерии – это бактерии, способные использовать аминокислоты и белки для получения энергии. Они

обеспечивают процессы гниения, разлагая мертвую органику до простых веществ, и, тем самым, играют ключевую роль в круговороте веществ [4]. Влияние СВЧ-излучения и химического загрязнения на аммонифицирующие бактерии показано на рисунке 4.

Аммонифицирующие бактерии под воздействием СВЧ-излучения мощностью 450Вт увеличивали численность на 32% ($p<0,05$), а при мощности 800Вт – на 21% ($p<0,05$) от контрольных значений. Свинцовое загрязнение не оказывало достоверного влияния на почвенные аммонификаторы, как и его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 800Вт, однако при сочетанном воздействии свинца и СВЧ-излучения мощностью 450Вт наблюдалось снижение численности на 17% ($p<0,05$). Следует отметить, что ситуация, когда численность бактерий под воздействием химического загрязнения в сочетании с СВЧ-излучением мощностью 450Вт оказывалась ниже, чем в варианте с мощностью 800Вт, неоднократно отмечалась в ходе исследования.

Нефтяное загрязнение не вызвало достоверных изменений численности исследуемых бактерий, в то время как его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 450Вт вызвало снижение численности на 14% ($p<0,05$). Сочетанное воздействие нефтяного загрязнения и СВЧ-излучения мощностью 800Вт, напротив, вызвало увеличение численности аммонификаторов на 22% ($p<0,05$). Тем самым, численность бактерий в случае сочетанного влияния нефти и СВЧ-излучения мощностью 450Вт была ниже, чем при мощности 800Вт.

Для того, чтобы лучше изучить данную физиологическую группировку бактерий, в питательную среду был добавлен бриллиантовый зелёный, селективно подавляющий рост грамположительных бактерий.

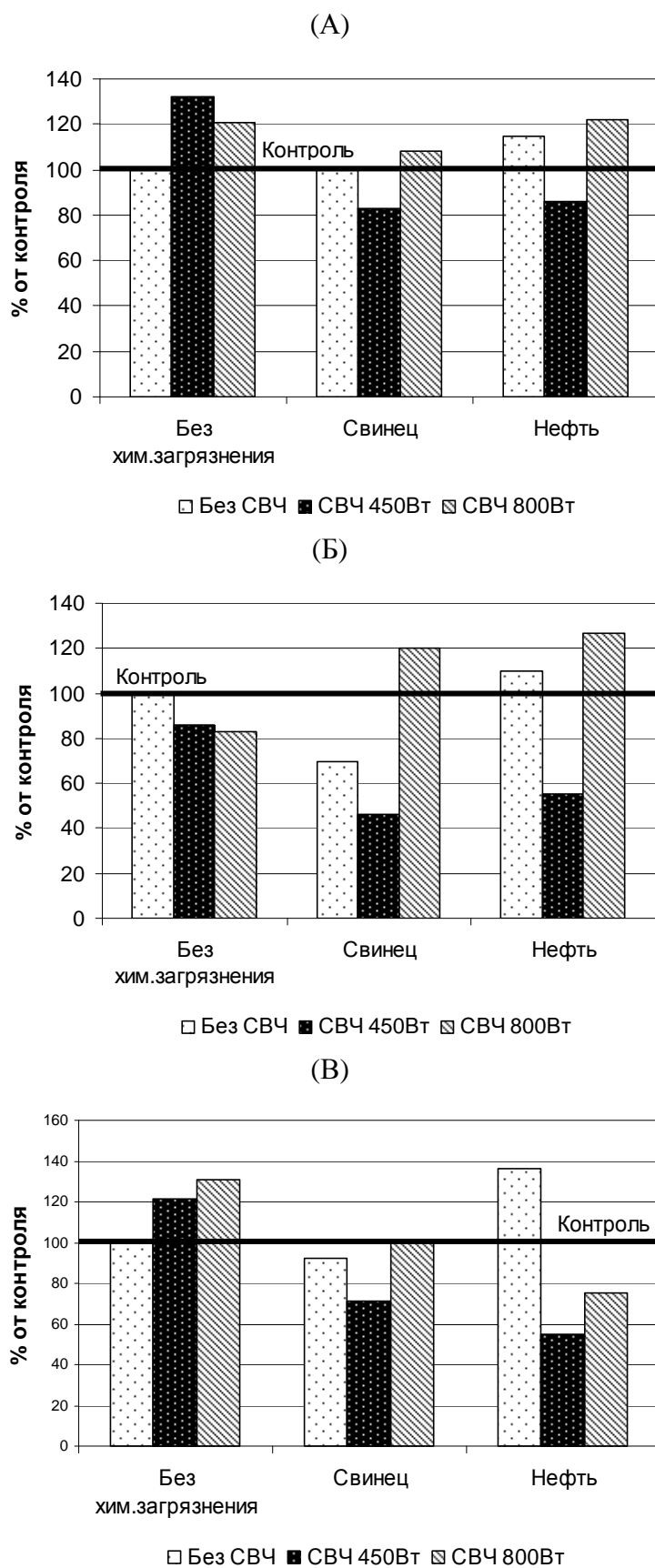


Рисунок 4 Влияние сочетанного загрязнения на численность аммонифицирующих бактерий в % от контроля.

Грамотрицательные аммонификаторы достоверно не снижали численность под воздействием СВЧ-излучения. Внесение в почву оксида свинца вызвало снижение числа бактерий в почве на 30% ($p < 0,05$). Как и в предыдущих случаях, численность бактерий под воздействием сочетанного загрязнения оксидом свинца и СВЧ-излучения мощностью 450Вт оказалась ниже, чем в случае с сочетанным загрязнением оксидом свинца и СВЧ-излучением мощностью 800 Вт. В первом случае число исследуемых бактерий в почве снизилось на 54% ($p < 0,01$), во втором увеличилось на 20% ($p < 0,05$). Нефть не вызвала достоверного изменения численности, однако в случае дополнительного влияния СВЧ-излучения мощностью 450Вт произошло снижение численности бактерий на 45% ($p < 0,05$), а в случае 800Вт – произошел скачок численности на 103% ($p < 0,01$).

Что касается грамположительных бактерий, то большинство из них имеет способность в неблагоприятных условиях среды образовывать споры. Поэтому учитывая количество спорообразующих бактерий, высеенных из пастеризованной суспензии, мы можем оценить количество грамположительных бактерий в почве.

СВЧ-излучение повышало численность спорообразующих аммонификаторов на 22% ($p < 0,05$) при мощности 450Вт и на 31% ($p < 0,05$) при мощности 800Вт. Свинцовое загрязнение не вызывало достоверных изменений в численности исследуемых бактерий ни отдельно, ни в сочетании с СВЧ-излучением мощностью 800Вт. Однако при мощности 450Вт в сочетании со загрязнением свинцом СВЧ-излучение вызывало снижение численности бактерий на 28% ($p < 0,05$). Нефтяное загрязнение вызывало рост числа спорообразующих аммонификаторов в почве на 36% ($p < 0,05$) по сравнению с контролем, однако в сочетании с СВЧ-загрязнением наблюдалось снижение численности бактерий: на 45%

($p < 0,05$) при мощности СВЧ-излучения 450Вт и на 24% ($p < 0,05$) при мощности 800Вт.

Амилолитические бактерии составляют значительную долю от общего числа бактерий в почве. Основным отличительным признаком этой группы является способность разрушать крахмал и поставлять питательные элементы другим микроорганизмам почвы.

В эту группу так же относятся актиномицеты – особая группа прокариотических организмов, обладающая подобием мицелия, способная разлагать высокомолекулярные соединения, недоступные другим видам бактерий, а так же вырабатывать сложные органические вещества, такие, как антибиотики, пигменты, пахучие вещества [4].

Влияние сочетанного загрязнения на амилолитические бактерии показано на рисунке 5.

Число аммонифицирующих бактерий в почве снижалось под воздействием СВЧ-излучения. При мощности 450Вт оно снижалось на 35% ($p < 0,01$), с увеличением мощности до 800Вт – на 20%. Свинцовое загрязнение не вызывало достоверных изменений численности аммонифицирующих бактерий, как и его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 800Вт. Однако при мощности 450 Вт сочетанное загрязнение вызвало снижение численности бактерий на 21% ($p < 0,05$). Нефтяное загрязнение вызвало снижение численности амилолитических бактерий, как и его сочетание с СВЧ-излучением мощностью 450Вт: на 28% ($p < 0,05$) в первом случае и 45% ($p < 0,05$) во втором. При этом сочетанное воздействие нефтяного и СВЧ-загрязнения мощностью 800Вт не вызвало достоверного изменения численности бактерий.

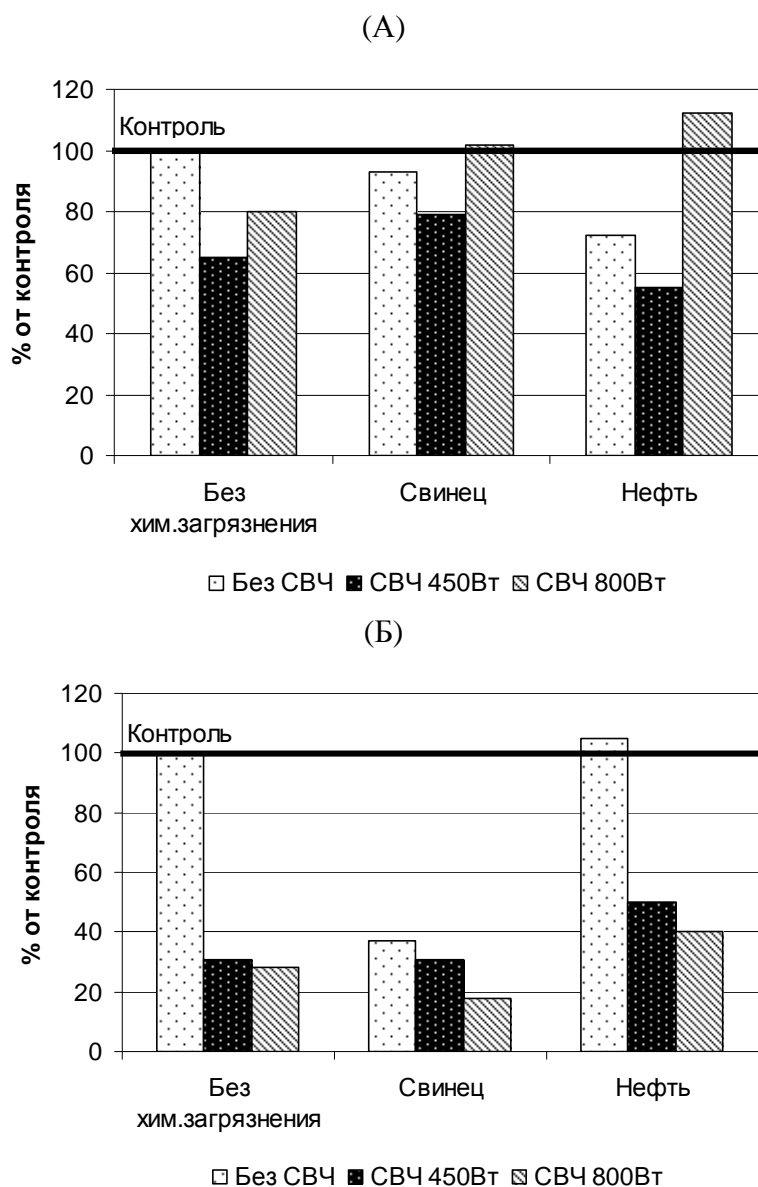


Рисунок 5 Влияние сочетанного загрязнения на численность амилолитических бактерий в % от контроля.

СВЧ-излучение пагубно повлияло на количество актиномицетов в почве – при мощности в 450Вт их число снижалось на 69% ($p < 0,01$), при мощности 800Вт – на 72% ($p < 0,01$). Оксид свинца вызывал резкое снижение числа актиномицетов в почве, как отдельно, так и в сочетании с СВЧ-излучением. Эти бактерии крайне неустойчивы к действию свинца [15, 16, 17]. Оксид свинца отдельно снижал численность бактерий на 43% ($p < 0,05$), в сочетании с СВЧ-излучением мощностью 450Вт – на 69% ($p < 0,05$), СВЧ-излучением мощностью 800Вт – на 82% ($p < 0,01$). Нефть при

внесении в почву не вызывала достоверных изменений численности актиномицетов в почве, но сочетанное загрязнение нефтяного и СВЧ-загрязнения резко снижало число исследуемых бактерий – на 50% ($p < 0,05$) при мощности 450Вт и на 60% ($p < 0,01$) при мощности 800Вт.

Нефтеокисляющие бактерии отличаются способностью утилизировать сложные углеводороды, недоступные другим группам микроорганизмов, тем самым способствуя естественной очистке почвы от нефтяных загрязнений. Они обладают сложными ферментативными системами, отсутствующими у других физиологических групп бактерий [18]. Влияние на их численность сочетанного загрязнения показано на рисунке 6.

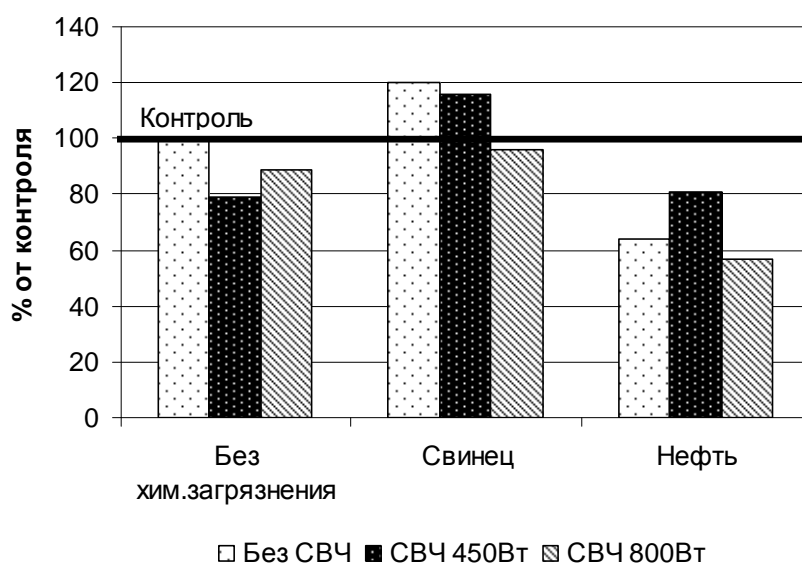


Рисунок 6 Влияние сочетанного загрязнения на численность нефтеокисляющих бактерий в % от контроля.

Достоверного влияния СВЧ-излучения на нефтеокисляющие бактерии выявлено не было. Свинцовое загрязнение достоверно увеличивало численность исследуемых бактерий на 20% ($p < 0,05$), что может быть связано с изменением проницаемости мембраны для сложных углеводов под действием ионов свинца. В случае же сочетанного загрязнения достоверного увеличения численности зарегистрировано не

было. Нефтяное загрязнение снижало численность нефтеокисляющих бактерий, что может быть связано с обволакиванием почвенных частиц углеводородами нефти, а также с появлением в почве токсических веществ, содержащихся в нефти (Киреева и др., 1998). Внесение нефти снижало число нефтеокисляющих бактерий на 34% ($p < 0,01$), дополнительное воздействие СВЧ-излучением мощностью 450Вт – на 19% ($p < 0,05$), а мощностью 800Вт – на 43% ($p < 0,01$).

Целлюлозолитические бактерии способны разлагать такой сложный полисахарид, как целлюлоза. Она является основным компонентом клеточных стенок высших растений и водорослей. Целлюлоза – одно из самых распространённых на земле органических соединений, при этом разлагать целлюлозу способны далеко не все микроорганизмы. Именно поэтому роль целлюлозолитиков в почве настолько велика [4]. Влияние сочетанного загрязнения на их численность показано на рисунке 7.

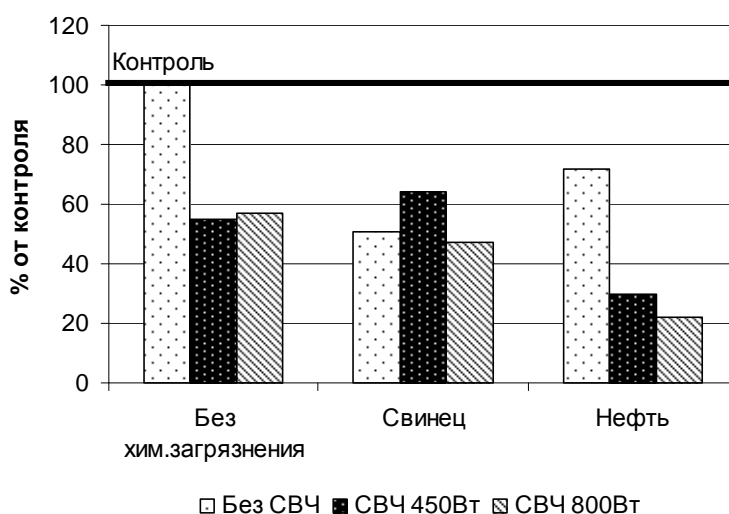


Рисунок 7 Влияние сочетанного загрязнения на численность нефтеокисляющих бактерий в % от контроля.

На целлюлозолитические бактерии СВЧ-излучение оказало сильное подавляющее воздействие. Так, при мощности 450Вт их число в почве упало на 45% ($p < 0,05$), при мощности 800Вт – на 43% ($p < 0,05$). Свинцовое загрязнение так же вызвало спад численности бактерий – на 49% ($p < 0,05$)

при загрязнении отдельно свинцом, и на 36 и 53% ($p < 0,05$) при сочетании свинцового с СВЧ-загрязнением мощностью 450 и 800Вт соответственно. Нефтяное загрязнение вызвало снижение численности целлюлозолитических бактерий на 28% ($p < 0,05$), в сочетании с СВЧ-загрязнением, их число упало значительно сильнее – на 70 и 78% ($p < 0,01$) при мощности СВЧ-излучения 450 и 800Вт соответственно.

Так же было проведено исследование влияния сочетанного загрязнения на бактерии рода *Azotobacter*, фиксирующих атмосферный азот и переводящих его в доступную для растений форму. Однако достоверных изменений не было зафиксировано ни в одном из вариантов загрязнения образцов.

Почвенные микромицеты обладают широкими адаптивными способностями и занимают разнообразные экологические ниши. Они участвуют в аммонификации органических соединений, усвоении молекулярного азота, разложении углеводов и лигнина, превращении соединений калия и микроэлементов. Они поставляют большое количество органического вещества, идущего на построение гумуса [19]. Влияние сочетанного загрязнения на их обилие показано на рисунке 8.

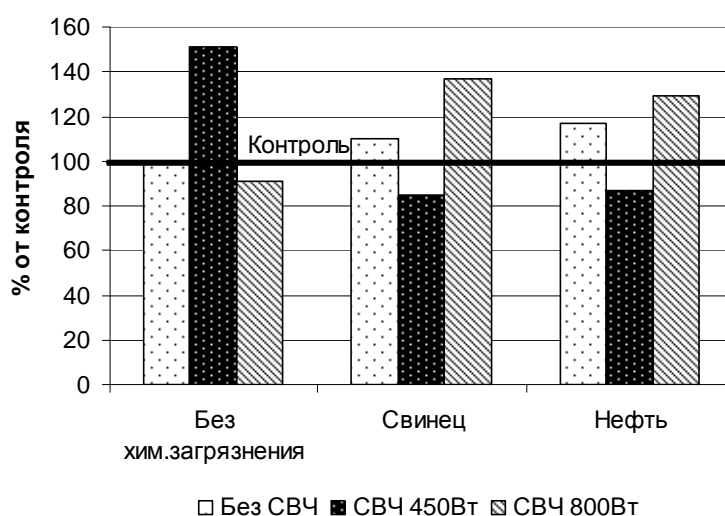


Рисунок 8 Влияние сочетанного загрязнения на обилие микромицетов в % от контроля.

Численность почвенных микромицетов под воздействием СВЧ-излучения мощностью 450Вт возрастала на 51% ($p < 0,05$), в то время как при увеличении мощности до 800Вт не было зарегистрировано достоверных изменений численности изучаемых организмов. Внесение в почву свинца не вызвало достоверных изменений численности микромицетов, как при отдельном воздействии, так и в сочетании с СВЧ-излучением мощностью 450Вт. При усилении мощности до 800Вт наблюдалось увеличение числа микромицетов на 37% ($p < 0,05$) по сравнению с контролем. Аналогичный результат был получен и при нефтяном загрязнении: достоверное отклонение от контроля было установлено только в случае сочетанного воздействия нефтяного и СВЧ-загрязнения – численность микромицетов увеличилась на 29% ($p < 0,05$).

Из изложенного выше можно сделать вывод, что сочетанное воздействие является системным, не вытекающим из простого суммирования эффектов отдельных типов загрязнителей. Оно может пагубно влиять на биологические свойства почвы, снижая активность ферментов и численность микроорганизмов. При этом нет линейной зависимости между мощностью СВЧ-излучения и эффектом, который они вызывают. Так, в большинстве случаев значения биологических свойств были ниже при меньшей мощности СВЧ-излучения и восстанавливались при увеличении мощности. Это может быть связано с различием в эффектах, которые вызывает СВЧ-излучение разной мощности.

Исследования поддержаны ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (№ 14.740.11.1029, № П322).

1. Петин В.Г., Сынзыныс Б.И. Комбинированное воздействие факторов окружающей среды на биологические системы. Обнинск, 1998. - 74 с.
2. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология. – М.: Высш. шк., 2005. – 341 с.

3. Козлов В.М., Урнышева В.В., Шишкина Л.Н. Сочетанное влияние острого рентгеновского излучения и химических агентов на параметры перекисного окисления липидов в тканях мыши // Тезисы докладов V съезда по радиационным исследованиям. - М., 2006. - Т.2. - С. 12.
4. Гусев М. В. Микробиология: Учебник для студ. биол. специальностей вузов / М.В. Гусев, Л. А.Минеева. - 4-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 464 с.
5. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Влияние электромагнитных полей на биологические свойства почв. Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2011. – 286 с.
6. Путеводитель научно-полевых туров V Всероссийского съезда общества почвоведов / Под ред. К.Ш. Казеева и В.Ф. Валькова / ЗАО «Ростиздат». Ростов-на-Дону, 18-22 августа 2008. 98 с.
7. Бердичевская М.В., Козырева Г.И., Благиных А.В. Численность, видовой состав и оксигенная активность углеводородоксилирующего сообщества нефтезагрязненных речных акваторий Урала и Западной Сибири // Микробиология. 1991. - Вып.6. - С. 122-128
8. Методические указания 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам». – М.: МЗ РФ, 2004. – 34 с.
9. Красильников А.П. Микробиологический словарь – справочник. Мн.: Беларусь, 1999.
10. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
11. Бабьева, М.А. Биология почв. / М.А. Бабьева, Н.К. Зенова - М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.
12. Денисова Т.В., Колесников С.И. Влияние СВЧ-излучения на ферментативную активность и численность микроорганизмов почв Юга России // Почвоведение. 2009. № 4. С. 479-483.
13. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Изменение ферментативной активности и фитотоксических свойств почв Юга России под влиянием СВЧ-излучения // Агрохимия. 2011. № 6. С. 49-54.
14. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1444-1448.

15. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. 6-е изд. – М.: «Наука», 2004., - 528 с.
16. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Моделирование загрязнения чернозема свинцом с целью установления экологически безопасной концентрации // Экология и промышленность России. 2009. № 8 (август). С. 34-36.
17. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
18. Ауэзов О.Н., Алиева Р.М., Недовадиева Т.П., Петрова Т.А. Микробиологическое изучение нефтезагрязненных почв Прикаспийской низменности. /Изв. АН Каз. ССР. Сер. биол. -1990. № 6. - С. 54-58.
19. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.