

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ

В условиях мелкоделяночного полевого опыта на черноземе типичном карбонатном изучено влияние загрязнения высокоминерализованными нефтепромысловыми водами на физико-химические свойства почвы. Показано, что загрязнение приводит к засолению и осолонцеванию, сопровождающимся нарушением комплекса свойств почв. Рекультивационные мероприятия, включающие в себя внесение мелиорантов, способствовали активному рассолению и рассолонцеванию уже через год после загрязнения, а через три года основные свойства и режимы почв приблизились к таковым незагрязненного чернозема типичного.

### Введение

В районах добычи нефти почвенный покров подвергается различным формам деградации, к особенно сильным негативным последствиям приводит загрязнение нефтепромысловыми сточными водами (НСВ). Эти воды являются полиингредиентным поллютантом и представляют собой рассолы преимущественно хлоридно-натриевого состава. Как известно, их попадание в природные ландшафты приводит к засолению и осолонцеванию почв, что в свою очередь способствует быстрой потере продуктивности или полной деградации почв при гибели растительного покрова. В связи с этим возникает необходимость изучения изменения свойств почв в процессе загрязнения, а также разработка эффективных методов их рекультивации.

Таким образом, целью наших исследований явилось изучение влияния загрязнения НСВ на физико-химические свойства чернозема типичного, а также их изменение в процессе рекультивации с использованием некоторых природных агроруд (сапропеля, цеолита, гипса).

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились в условиях мелкоделяночного полевого опыта. Почва опытного участка – чернозем типичный карбонатный легкоглинистый на аллювиально-делювиальных отложениях. Содержание физической глины в пахотном слое составляло 62%, ила – 26%; содержание общего гумуса – 9,3-9,6%, валового азота – 0,30-0,45%, сумма поглощенных оснований – 35-42 мг-экв/100г почвы, рНН<sub>2</sub>O – 6.65. От 10% НСI

почва вскипает по всему профилю. Площадь опытных делянок составила 2,25 м<sup>2</sup> (1,5x1,5 м). При моделировании загрязнения внесли на одну делянку по 50 литров НСВ, химический состав которой приведен в таблице 1.

Опыт проводился в несколько этапов:

Первый этап (июнь 2002 года) – на делянки полевого опыта внесли НСВ.

Второй этап (сентябрь 2002 года) – были определены физико-химические свойства почвы, загрязненной НСВ, для выбора вариантов и доз мелиорантов.

Третий этап (октябрь 2002 года) – с учетом содержания водорастворимых солей и обменного натрия в составе почвенно-поглощающего комплекса (ППК) и в соответствии с вариантами опыта были внесены мелиоранты (гипс, цеолит и сапропель) из расчета по 2,5 кг на делянку.

Четвертый этап (сентябрь 2004 года) – в целях изучения изменения физико-химических свойств в почвенном профиле были заложены почвенные разрезы на основных вариантах опыта.

В отобранных почвенных образцах определяли: общий гумус по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием анализа, рН водной и солевой суспензии – потенциометрически, обменные Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> – комплексометрически, обменный натрий и емкость поглощения по Антипову – Каратаеву и Мамаевой [1, 2]. Изучение кислотно-щелочной буферности проводилось методом потенциометрического титрования почвенной суспензии (в соотношении 20 г почвы : 50 г воды) в диапазоне рН 4,5-10. Рассчитывали буферную площадь (S, см<sup>2</sup>) в кислотном и щелочном интервалах как площадь между

Таблица 1. Химический состав нефтепромысловой сточной воды

pH	Содержание компонентов, мг экв/л							Плотность, г/см <sup>3</sup>
	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Минерализация	
5,3	3123,7	1,2	2,7	10002,5	325,1	1800,1	176347,4	1,06

Таблица 2. Физико-химические свойства почв чернозема типичного через два месяца после загрязнения НСВ (сентябрь 2002 года)

Глубина взятия образца, см	pH		Гумус общ., %	Сухой остаток, %	Поглощенные основания			Na, % от суммы катионов
	KCl	H <sub>2</sub> O			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
					мг-экв /100 г почвы			
Чистый контроль								
0-10	6,1	7,2	9,5	0,15	45,0	12,6	0,26	0,5
10-20	6,1	7,0	9,8	0,13	43,2	14,4	0,25	0,4
20-30	6,1	6,8	9,1	0,12	42,3	11,7	0,24	0,4
Загрязненный НСВ								
0-10	6,1	6,3	9,6	3,46	55,8	17,7	10,28	12,3
10-20	6,1	6,4	11,4	0,77	45,9	16,2	4,26	6,4
20-30	6,0	6,6	10,4	0,38	43,8	15,9	1,45	2,4

кривой титрования почвы и кварцевого песка при непрерывном потенциометрическом титровании 0.1 н. HCl и 0.1 н. NaOH [6].

### Результаты и их обсуждение

Анализ данных, проведенный через два месяца после загрязнения чернозема типичного НСВ, показал очень высокий уровень засоления в пахотном слое и среднюю степень осолонцованности (табл. 2). Максимальное содержание солей, соответствующее уровню солончака, отмечалось в верхнем 0-10 см слое почвы, с глубиной оно постепенно снижалось. Содержание обменного натрия в слое наибольшего накопления солей составило 12,3% от суммы поглощенных оснований. В связи с высоким содержанием кальция и магния в НСВ возросло также их количество в ППК. Несмотря на развитие процесса осолонцевания, на этом этапе кислотность почвы в слое 0-20 см понизилась на 0,6-0,9 ед. pH, что обусловлено, видимо, высокой концентрацией хлора в составе загрязнителя, при этом исходный гидрокарбонатно-кальциевый состав водорастворимых солей чернозема типичного после загрязнения трансформировался в хлоридно-натриевый. Наличие нефтепродуктов в составе НСВ привело к некоторому увеличению содержания органического вещества в загрязненной почве.

Динамика содержания водорастворимых солей в профиле загрязненной НСВ по-

чвы представлена на рисунке 1. Исследования показали, что весной 2003 года содержание водорастворимых солей в пахотных горизонтах на всех вариантах опыта существенно снизилось. Прежде всего это обусловлено вымыванием солей осенними дождями и талыми водами. Вместе с тем обращает на себя внимание наличие заметных различий по вариантам опыта. Самое высокое количество солей наблюдалось на участках без рекультивации, самое низкое содержание отмечалось при внесении цеолита и сапропеля (0,15 и 0,16% соответственно), причем в слое 0-10 см минимум (0,12%) наблюдался на вариантах с сапропелем.

К осени 2003 года процесс рассоления продолжался. Уменьшение концентрации солей в верхней части профиля связано также с их выносом растениями. Осенью 2004 года на территории опыта были заложены контрольные разрезы, из которых отобрали образцы по генетическим горизонтам. Анализ данных по содержанию солей в образцах разрезов показал, что произошло дальнейшее рассоление по всем вариантам опыта. В пахотных горизонтах некоторое превышение над уровнем чистого контроля сохранилось только в варианте с НСВ без рекультивации и при внесении цеолита. В нижних горизонтах всех почв наблюдалось некоторое возрастание сухого остатка солей, перемещенных из верхних слоев. Но и здесь засоление не превышало средний уровень.

Естественное вымывание солей привело к полному рассолению верхней части профиля и некоторому увеличению – в нижней в 2004 году. На следующий год профильная кривая содержания сухого остатка в загрязненной НСВ почве вплотную приблизилась к таковой незагрязненной почвы. Через три года по всем вариантам опыта (рис. 2) произошло рассоление в верхней части профиля до уровня, соответствующего незасоленным почвам (менее 0,2%). При этом в пахотных горизонтах некоторое превышение над уровнем чистого контроля сохранилось только в варианте с НСВ без рекультивации и при внесении цеолита. В нижних горизонтах всех почв наблюдалось некоторое возрастание сухого остатка солей, перемещен-

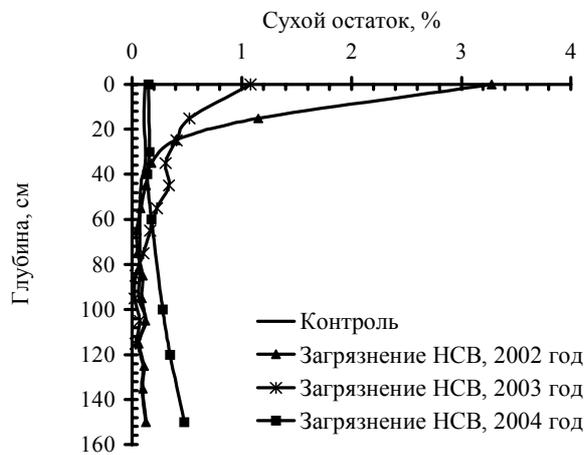


Рисунок 1. Изменение содержания водорастворимых солей в профиле чернозема типичного, загрязненного НСВ

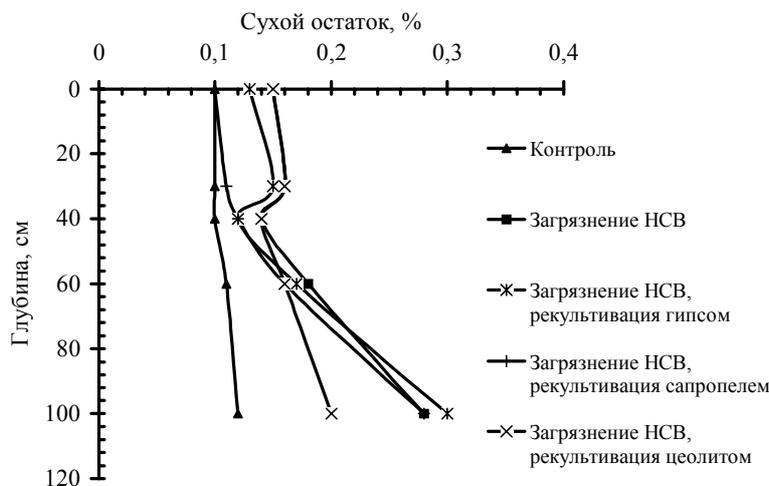


Рисунок 2. Содержание водорастворимых солей в профиле чернозема типичного при внесении мелиорантов через 3 года после загрязнения НСВ

ных из верхних слоев. Но и здесь засоление не превышало средний уровень. Наиболее существенные изменения в комплексе свойств почв обусловлены развитием процесса осолонцевания при загрязнении НСВ. Проведение рекультивационных мероприятий привело к существенному рассолонцеванию почвы по всем вариантам опыта уже через 1 год, а на второй год произошло почти полное рассолонцевание (содержание натрия не превышало 5% от ЕКО). Следует отметить, что по мере уменьшения степени засоления и осолонцевания нормализовались кислотно-щелочные условия и питательный режим в почвах.

Изучение изменений физико-химических свойств почв на четвертый год после начала рекультивации проводилось также в их профиле (таблица 3). В процессе рассоления наблюдалось передвижение солей в нижнюю часть профиля и выход в грунтовые воды. Это способствовало последовательному возрастанию содержания обменного натрия с глубиной. Так, если в пахотном горизонте содержание обменного натрия опустилось ниже допустимых значений, то в иллювиальном оно возросло до 10% от ЕКО, т. е. произошло осолонцевание нижней части почвенного профиля загрязненных почв. Вследствие этого имела место дегумификация (ярко выраженная на второй год после загрязнения), изменилась реакция среды и буферность в кислотно-щелочном интервале.

По всем вариантам произошло подкисление иллювиальных горизонтов, снижение буферности в кислотном и возрастание в щелочном плече. Очевидно, это обусловлено прежде всего передвижением ионов хлора. При загрязнении НСВ произошло заметное снижение содержания поглощенного кальция и ЕКО по всему профилю чернозема типичного.

В процессе рекультивации емкость катионного обмена приблизилась к фоно-

Таблица 3. Физико-химические свойства чернозема типичного при загрязнении НСВ и рекультивации (Sk, см<sup>2</sup> – площадь буферности в кислотном интервале; Sщ, см<sup>2</sup> – площадь буферности в щелочном интервале)

Горизонт, глубина, см	рН		Гумус, %	Сухой остаток, %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Σ	ЕКО	Na, % от ЕКО	Буферность в кислотно-щелочном интервале, см <sup>2</sup>	
	H <sub>2</sub> O	KCl									Sk	Sщ
Р. 5-2004. Контроль												
Ап 0-20	6,88	6,58	10,21	0,1	42	11	0,10	53,10	57,40	0,2	39,8	36,2
А <sub>1</sub> 20-41	6,55	5,98	8,83	0,1	36	12	0,10	48,10	51,22	0,2	35,8	38,4
АВ 41-50	6,25	5,46	4,76	0,1	30	9	0,10	39,10	40,75	0,2	27,8	37,0
В <sub>1</sub> 50-82	6,45	5,66	2,12	0,11	26	9	0,10	35,10	39,70	0,3	31,6	30,9
В <sub>2</sub> 82-140	7,78	6,96	0,83	0,12	21	10	0,15	31,15	31,99	0,5	53,9	16,5
Р. 4-2005. Загрязнение НСВ												
Ап 0-28	6,08	6,08	10,01	0,15	38	13	5,62	54,62	54,62	10,3	37,5	41,0
А <sub>1</sub> 28-50	6,50	5,90	8,23	0,16	33	12	2,00	47,00	50,03	4,3	34,9	42,5
АВ 50-60	6,10	5,40	4,46	0,14	25	11	1,26	37,26	38,84	3,4	27,4	41,6
В <sub>1</sub> 60-82	6,05	5,30	2,03	0,18	24	10	0,96	34,96	36,91	2,6	26,5	39,4
В <sub>2</sub> 82-140	7,26	6,86	0,96	0,28	27	11	0,47	38,47	40,0	1,2	49,0	26,3
Р. 1-2004. Загрязнение НСВ, рекультивация гипсом												
Ап 0-28	6,30	5,50	10,43	0,13	43	9	2,20	54,20	58,05	3,8	32,6	45,6
А <sub>1</sub> 28-48	6,45	5,30	8,72	0,15	35	7	5,30	47,25	48,57	6,2	33,3	42,9
АВ 48-58	5,90	5,10	5,15	0,12	28	8	4,00	40,02	42,41	9,4	28,1	46,0
В <sub>1</sub> 58-82	5,55	4,80	2,37	0,17	29	7	1,57	37,65	37,46	4,2	23,0	47,8
В <sub>2</sub> 82-140	5,60	4,85	1,01	0,3	25	9	0,82	34,82	35,24	2,3	17,7	46,4
Р. 2-2004. Загрязнение НСВ, рекультивация сапропелем												
Ап 0-28	7,35	6,60	11,32	0,08	43	11	2,70	57,70	58,98	4,6	46,9	35,0
А <sub>1</sub> 28-50	6,60	5,50	9,37	0,11	38	8	4,04	50,04	51,11	7,9	32,3	43,7
АВ 50-60	6,20	5,20	5,18	0,12	27	11	2,14	40,14	42,58	5,0	27,8	42,3
В <sub>1</sub> 60-82	5,75	4,95	2,16	0,16	24	10	0,70	34,70	40,72	1,7	26,5	40,1
В <sub>2</sub> 82-140	5,90	5,05	0,78	0,28	25	13	0,15	38,15	39,64	0,3	24,9	36,3
Р. 3-2004. Загрязнение НСВ, рекультивация цеолитом												
Ап 0-28	6,63	5,70	10,52	0,15	41	11	4,15	56,15	61,09	6,8	35,8	41,6
А <sub>1</sub> 28-49	6,48	5,36	8,61	0,16	30	10	4,23	44,23	44,68	9,5	32,5	41,8
АВ 49-60	6,16	5,15	4,57	0,14	24	10	2,60	36,60	35,19	7,4	27,1	39,5
В <sub>1</sub> 60-82	6,24	5,28	1,83	0,16	27	9	0,91	36,91	38,05	2,4	26,8	36,0
В <sub>2</sub> 82-140	7,45	7,22	0,84	0,20	28	11	0,35	39,35	41,23	0,8	50,4	23,7

вым значениям. А в пахотном слое почв с внесением сапропеля и цеолита ЕКО оказалась даже несколько выше относительно контроля. Среди мелиорантов, способствующих сохранению и устойчивости гумусного состояния почвы, выделился также сапропель. На варианте с его внесением содержание гумуса превысило величины, характерные для незагрязненных почв. Аналогичные результаты наблюдались для буферности в кислотно-основном интервале. Буферная площадь почвы пахотного слоя в кислотном интервале при внесении сапропеля увеличилась по сравнению с контролем на 7 см<sup>2</sup>. Но в горизонте А<sub>1</sub> и книзу вплоть до горизонта В<sub>2</sub> в связи с относительно высоким содержанием обменного натрия в ППК изменения буферности в кислотно-основном интервале имеют обратную направленность с

заметным уменьшением в кислотном и увеличением в щелочном плече соответственно. При этом почти на единицу повысилась величина рН, возросло содержание поглощенного кальция.

Следует отметить, что при внесении гипса в загрязненную почву буферная площадь в кислотном интервале увеличилась на 7,3 см<sup>2</sup>, а в щелочном увеличилась на 9 см<sup>2</sup> в горизонте Апах. Здесь явно наблюдается подкисляющий характер действия гипса на почвенный раствор.

Известно, что буферные свойства почвы в основном определяются ее гумусным составом и составом поглощающего комплекса (ППК), а все физико-химические процессы обмена катионов в почве происходят в ее коллоидной части, которая входит в состав илистой фракции, где локализована и основ-

Таблица 4. Гранулометрический состав чернозема типичного при загрязнении НСВ и рекультивации

Горизонт и глубина, см	Содержание фракций, %; размер частиц, мм					
	< 0,001	0,001-0,005	0,005-0,01	0,01-0,05	0,05-0,25	0,25-1,0
Р. 5-2004. Контроль						
Апах 0-20	32,49	17,31	13,34	25,45	9,66	1,75
А <sub>1</sub> 20-41	36,02	21,25	9,93	23,62	7,72	1,46
АВ 41-50	42,31	13,98	8,17	24,28	10,06	1,20
В <sub>1</sub> 50-82	34,43	18,23	7,46	28,07	10,85	0,96
В <sub>2</sub> 82-140	32,18	19,64	10,07	25,80	10,87	1,44
Р. 4-2004. Загрязненный НСВ						
Апах 0-28	33,81	19,91	12,51	25,40	6,95	1,42
А <sub>1</sub> 28-50	38,24	17,71	9,16	24,59	9,00	1,30
АВ 50-60	41,18	14,10	8,33	24,68	10,57	1,14
В <sub>1</sub> 60-82	37,55	11,06	13,96	25,78	10,38	1,26
В <sub>2</sub> 82-140	31,91	16,75	14,96	23,85	11,63	0,90
Р. 1-2004. Загрязненный НСВ, рекультивация гипсом						
Апах 0-28	32,35	21,69	11,57	25,37	7,58	1,44
А <sub>1</sub> 28-48	41,25	14,72	9,46	25,25	8,09	1,22
АВ 48-58	39,97	13,93	10,50	23,35	10,85	1,40
В <sub>1</sub> 58-82	34,65	21,51	8,36	22,32	11,60	1,56
В <sub>2</sub> 82-140	37,35	18,37	6,73	21,82	14,17	1,56
С 140-150	31,00	23,51	7,05	20,97	16,09	1,38
Р. 2-2004. Загрязненный НСВ, рекультивация сапропелем						
Апах 0-28	31,64	19,83	12,28	24,77	9,94	1,54
А <sub>1</sub> 28-50	38,53	17,68	5,35	26,59	10,47	1,38
АВ 50-60	42,09	14,37	9,83	22,78	9,93	1,00
В <sub>1</sub> 60-82	37,14	16,54	7,74	23,68	13,44	1,46
В <sub>2</sub> 82-140	40,46	17,80	8,06	20,68	11,20	1,80
Р. 3-2004. Загрязненный НСВ, рекультивация цеолитом						
Апах 0-28	34,66	18,69	12,34	25,60	7,05	1,66
А <sub>1</sub> 28-49	37,35	17,71	5,12	28,80	9,78	1,24
АВ 49-60	40,86	13,61	7,63	27,31	9,55	1,04
В <sub>1</sub> 60-82	31,26	17,38	8,17	27,24	14,67	1,28
В <sub>2</sub> 82-140	26,59	19,21	14,20	24,95	14,03	1,02

ная часть гумуса [3, 4, 5]. Ценность гумуса как источника элементов питания растений и как фактора стабильности физико-химического состояния почвы зависит от присутствия кальция в его гуматах: чем больше их в почве, тем выше ее поглотительная способность и буферность. Наибольшей емкостью поглощения обладают коллоиды гумуса. Емкость поглощения у гумуса в 8 раз выше, чем у глины [7]. Она снижается от соединения гумуса с окислами железа и алюминия. На наличие связи между содержанием кальция и гумуса в почвах указывают многие исследователи.

В связи с этим мы сочли нужным провести корреляционный анализ по данным опыта для выявления связей между гранулометрическим составом типичного чернозема и его физико-химическими показателями, а также содержанием общего гумуса. Отмече-

на положительная корреляция  $Ca^{2+}$  с гумусом во всех горизонтах по профилю ( $r = 0,47-0,65$ ), также обменного натрия с гумусом ( $0,50-0,93$ ). Достоверные положительные связи обнаружены между буферностью в щелочном интервале как с гумусом ( $r = 0,57-0,70$ ) и с количеством илистой фракции ( $<0,001$  мм) гранулометрического состава почвы ( $r = 0,65$ ), так и с содержанием водорастворимых солей в ней ( $0,51-0,84$ ). При этом буферность в кислотном интервале находится в отрицательной корреляционной зависимости от количества илистой фракции ( $-0,65$ ), от количества сухого остатка солей ( $-0,54-0,85$ ), а также от содержания обменного натрия в ППК ( $-0,46-0,97$ ).

Анализ гранулометрического состава типичного чернозема при загрязнении НСВ позволяет сделать вывод об отсутствии существенных изменений в его фракционном

составе (таблица 4). Проявилась только тенденция к возрастанию содержания частиц менее 0,005 мм в пахотном горизонте, что характерно при развитии процессов осолонцевания, сопровождающихся разрушением органо-минеральных комплексов из-за диспергирующего воздействия обменного натрия. На это указывает и положительная связь ( $r = 0,63$ ) между количеством обменного натрия в ППК и содержанием илистой фракции в гумусовом горизонте. При гипсовании, внесении сапропеля и цеолита количество мелкой пыли (0,001-0,005 мм) в горизонте А1 несколько уменьшилось, но содержание частиц менее 0,001 мм оставалось на уровне загрязненной почвы. В горизонте АВ количество этих частиц стабилизировалось на уровне контроля. В целом гранулометрический состав на всех вариантах опыта характеризуется как легкоглинистый пылевато-иловатый.

Следует отметить, что если буферная способность в кислотном интервале в горизонте АВ не изменилась, то в щелочном интервале буферная площадь увеличилась в целом на 4-9 см<sup>2</sup>. Так как здесь процентное содержание обменного натрия от ЕКО оставалось достаточно высоким (9,5%). Неадекватность изменений буферности в щелочном интервале при техногенном загрязнении по сравнению с процессами осолонцевания в естественных условиях нами была отмечена

и в ранних работах [9]. Несмотря на насыщенность ППК натрием, происходит некоторое подкисление почвы, что может быть связано с появлением в почвенном растворе кислых и слабокислых хлоридов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  в результате вытеснения их высокими концентрациями NaCl [8]. Высокая концентрация солей препятствует осолонцеванию, что способствует повышению буферности в щелочном интервале. Данное положение согласуется и с отмеченной выше положительной корреляционной зависимостью буферности против подщелачивания от содержания водорастворимых солей.

В связи с этим нами также изучался один из важнейших параметров, характеризующих физические свойства почв, – удельное электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление (УЭС) почв – параметр, характеризующий способность почвы изменять величины электрического тока и напряженности (электрических потенциалов) в почве, возникающих после наложения на нее электрического поля. Поскольку электрическое сопротивление прямо пропорционально падению напряжения, то сопротивление можно рассматривать как параметр, характеризующий поведение электрических полей в почвах. Анализ зависимости УЭС от содержания водорастворимых солей ( $r = 0,96$ ), общего ( $r = 0,85$ ) и обменного натрия ( $r = 0,84$ ), поглощенных кальция и

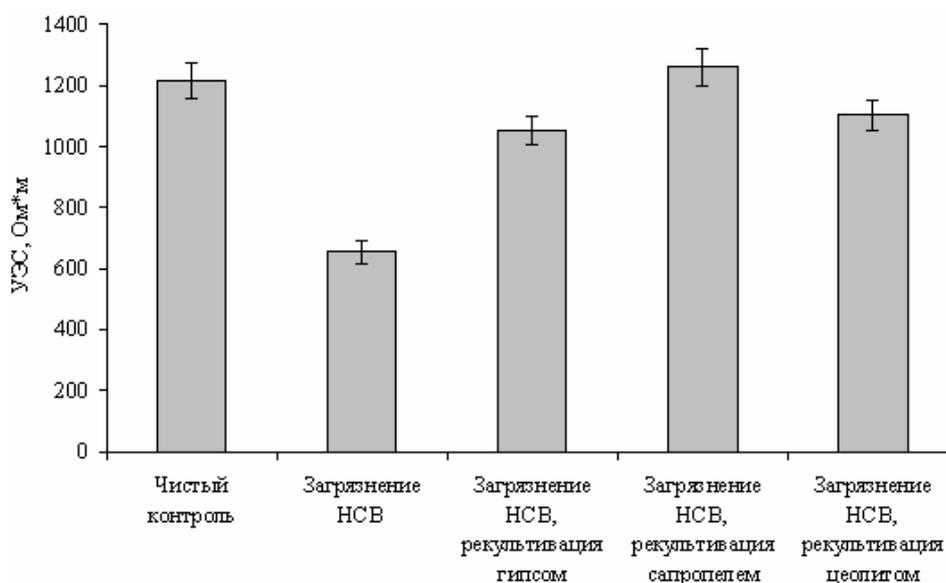


Рисунок 3. Показатели УЭС при использовании мелиорантов

магния ( $r = 0,75$ ) показал наличие достоверной зависимости между этими характеристиками.

Как известно, повышение минерализации почвенного раствора приводит к резкому увеличению его электропроводности или падению УЭС. Удельное электрическое сопротивление чернозема типичного в естественных условиях (на целине) составило  $1352 \text{ Ом*м}$ , загрязнение НСВ привело к практически одномоментному снижению УЭС на 2-3 порядка и составило в слое 0-10 см  $4,86$  и  $12,38 \text{ Ом*м}$ . Следствием естественных процессов передвижения солей за пределы почвенного профиля и существенно рассолонцевания загрязненных почв при внесении мелиорантов явилось увеличение УЭС по всем вариантам опыта, значения которых вплотную приблизились к контролю (рис. 3).

Таким образом, через два месяца после загрязнения чернозема типичного высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами наблюдались его засоление (соответствующее уровню солончака) и осолонцевание, достигающие своих максимальных значений в пахотном горизонте. В

дальнейшем процессы естественного рассоления привели к последовательному передвижению водорастворимых солей вниз по профилю и полному рассолению почвенного профиля на третий год после загрязнения. Первоначальный уровень осолонцевания, в отличие от содержания солей при отсутствии рекультивации, за три года существенно не изменился и соответствовал средней степени.

Рекультивация посредством внесения природных мелиорантов (гипс, цеолит и сапропель) способствовала активному рассолению и рассолонцеванию уже через год, а через три года основные физико-химические свойства приблизились к таковым незагрязненного чернозема типичного. Восстановились значения емкости катионного обмена, отмечается стабилизация и повышение устойчивости гумусного состояния, возрастание буферной способности в кислотном интервале, стабилизировались значения рН, возросло количество поглощенного кальция в составе почвенно-поглощающего комплекса, удельное электрическое сопротивление приблизилось к контрольным значениям. Внесение цеолита способствовало восстановлению гранулометрического состава.

#### Список использованной литературы:

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринушкина Е.Б. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970, 491 с.
3. Зайцева Т.Ф. Буферность почв и вопросы диагностики // Известия СО АН СССР. Серия «биологические науки». 1987. Т. 14. Вып. 2. С. 69-80.
4. Мотузова Г.В. Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям // Почвоведение. 1994. №4. С. 46-52.
5. Надточий П.П. Кисотно-основная буферность почвы – критерий оценки ее качественного состояния // Почвоведение. 1998. №9. С. 1094-1102.
6. Надточий П.П. Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. 1993. №4. С. 34-39.
7. Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение. – М.: Госиздат сельскохозяйственной литературы. 1956. 335 с.
8. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 376 с.
9. Сулейманов Р.Р., Назырова Ф.И. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепромысловыми водами и сырой нефтью // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. №4. С. 133-139.