

На правах рукописи

ПОСКРЯКОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ
НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ НА
СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ПРЕДУРАЛЬЯ**

Специальность 03.00.16 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Уфа – 2007

Работа выполнена в Институте биологии Уфимского научного центра
Российской академии наук

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Габбасова Илюся Масгутовна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Суюндуков Ялиль Тухватович

доктор биологических наук, профессор
Хазиахметов Рашит Мухаметович

Ведущая организация: Российский государственный аграрный
университет - МСХА им. К.А. Тимирязева

Защита состоится 18 мая 2007 года в 14.00 часов на заседании
Регионального диссертационного совета КМ 002.136.01 при Институте
биологии Уфимского научного центра РАН по адресу: 450054, г. Уфа,
Проспект Октября, 69, тел./факс: 8 (347) 235-62-47, e-mail: ib@anrb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского
научного центра РАН и на официальном сайте АН РБ по адресу:
[http: // www.anrb.ru./inbio/dissovet](http://www.anrb.ru/inbio/dissovet)

Автореферат разослан 16 апреля 2007 г.

Ученый секретарь
Регионального диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент

Уразгильдин Р.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Почва, как компонент биосферы, обладая комплексом экологических и биоценологических функций, является уникальным природным телом. В районах добычи нефти почвенный покров подвергается различным формам деградации, и прежде всего, загрязняется нефтепромысловыми поллютантами. Такое загрязнение оказывает неблагоприятное воздействие на все контактирующие среды: атмосферу, породы, воду, растительность, животный мир. К особенно сильным негативным последствиям приводит загрязнение нефтепромысловыми сточными водами (НСВ). Эти воды являются полиингредиентным поллютантом и представляют собой рассолы преимущественно хлоридно-натриевого состава, которые обладают высокой геохимической активностью и токсичностью. Большинство нефтяных месторождений Предуралья характеризуется высокой обводненностью нефти и при аварийных ситуациях происходит загрязнение ландшафтов на значительных площадях. Высокая минерализация этих вод обуславливает засоление и осолонцевание почв.

В практике рекультивации таких почв, как правило, используются методы, принятые для мелиорации природных засоленных и осолонцованных почв. Вместе с тем, специфика техногенной трансформации почв требует поиска более эффективных и экологически приемлемых методов рекультивации.

Цель и задачи работы. Целью исследований явилось изучение влияния загрязнения высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами и рекультивации на комплекс свойств черноземов типичных Предуралья Республики Башкортостан. В соответствии с целью исследований были поставлены следующие задачи:

1. Изучить влияние загрязнения нефтепромысловыми сточными водами на физико-химические, водно-физические, структурно-функциональные и электрофизические свойства черноземов типичных.

2. Исследовать воздействие прудов-накопителей нефтепромысловых сточных вод на почвы, породы и подземные воды, и их состояние через 40 лет после загрязнения при отсутствии рекультивации.

3. Изучить влияние загрязнения НСВ на содержание токсичных химических элементов в почвах и растениях.

4. Выявить возможность использования природных агроруд, химических и фитомелиорантов для рекультивации чернозема типичного, загрязненного НСВ.

Научная новизна. Впервые показано, что через 40 лет после загрязнения НСВ полного восстановления агроэкологических свойств почв при отсутствии рекультивации не происходит.

Установлено, что для опреснения подземных вод, загрязненных в результате воздействия НСВ, должно пройти 140 лет.

Впервые изучено накопление токсичных элементов в почвах и растениях при загрязнении НСВ, и показано, что выше ПДК и фоновых значений в почвах аккумулируются Cd, As, Zn, Mo, Cu, Co, Ni, Cr, Sr, V, а в листьях земляники

лесной (*Fragaria vesca*) и тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*) - Pb, Sr, Cd, V, Rb, Ba.

Впервые показана возможность рекультивации техногенно-засоленных и осолонцованных черноземов типичных без использования кальцийсодержащих мелиорантов. Процесс рассолонцевания можно активизировать путем внесения природных агроруд (сапропель, цеолит) и фитомелиорации.

Защищаемые положения.

1. Загрязнение НСВ черноземов типичных Предуралья приводит к деградации почвенного покрова, засолению и осолонцеванию почв, изменению их физико-химических, водно-физических, структурно-функциональных и электрофизических свойств.

2. Загрязнение почвы НСВ вызывает повышение минерализации подземных вод и смену их химического состава.

3. Влияние загрязнения проявляется в накоплении токсичных элементов в концентрациях, значительно выше ПДК в растениях и почвах на территории, значительно превышающей площадь непосредственного воздействия.

4. Рекультивация загрязненного чернозема типичного, возможна посредством внесения природных агроруд и фитомелиорации, без использования кальцийсодержащих мелиорантов.

Практическая значимость. Предлагается для рекультивации техногенно-засоленного чернозема типичного со средней степенью осолонцованности, использовать природные агроруды (сапропель, цеолит) в комплексе с фитомелиорацией (травосмесь из люцерны синегибридной (*Medicago sativa*), донника желтого (*Melilotus officinalis*) и пырея сизого (*Elytrigia glaucum*)).

Материалы исследований используются в курсе «Мелиорация и рекультивация земель» на факультете землеустройства и лесного хозяйства Башкирского государственного аграрного университета.

Апробация работы и публикации. Основные результаты исследований были доложены на IV съезде Докучаевского общества почвоведов (Новосибирск, 2004), международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию основания МГУП (Москва, 2005), международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка и нефтехимия» (Уфа, 2005), научно-практической конференции почвоведов, агрохимиков и земледельцев Южного Урала и Среднего Поволжья (Уфа, 2006), всероссийской научно-практической конференции «Перспективы агропромышленного производства регионов России в условиях реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК» (Уфа, 2006). По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК России.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились черноземы типичные Предуральской степной и Южной лесостепной зон, на территории Шкаповского и Сергеевского нефтяных месторождений. Для изучения влияния НСВ и рекультивации на свойства почв был заложен полевой мелкоделяночный опыт.

Почвенные разрезы закладывали на участках с характерными признаками загрязнения НСВ и фоновых аналогах. Образцы отбирали из основных генетических горизонтов до глубины проникновения НСВ или по полному профилю. Агрофизические свойства определялись общепринятыми методами [Вадюнина, Корчагина, 1973]. Плотность сложения, капиллярную и полную влагоемкость – по Качинскому, структурный состав – сухим просеиванием, водопрочность – на приборе Бакшеева. Определение основной гидрофизической характеристики почв производилось методом центрифугирования [Смагин и др., 1998], расчет распределения пор по размерам [Полевые и лабораторные..., 2001]. Удельное электрическое сопротивление измеряли с помощью прибора Landmapper-03.

Агрохимические показатели и физико-химические свойства определяли согласно руководствам [Агрохимические ..., 1975].

Общий гумус (углерод) в почве определяли по И.В. Тюрину, рН водной суспензии - потенциометрически, обменные Са и Mg - комплексометрически, обменный Na – определением на пламенном фотометре, по методу Антипова-Каратаева и Мамаевой, характеристику пор по Бреверу [Brewer, 1964].

Элементный состав почв и растений определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой – ICP-MS, PLAZMA-QUAD, фирма MP instruments. Нефтепродукты определяли весовым методом после экстракции углеводов из навески почвы кипящим гексаном на аппарате Сокслета [Современные..., 1984].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 130 страницах текста, состоит из введения, 4 глав, выводов и предложений производству, включает 18 таблиц, 22 рисунка и 13 приложений. Список литературы включает 150 наименований, в том числе иностранной - 33.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность сотрудникам лаборатории почвоведения Института биологии УНЦ РАН за неоценимую помощь в сборе материалов и аналитической работе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Влияние загрязнения высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами на свойства почв и методы их рекультивации (обзор литературы)

В обзоре литературы анализируется современное состояние изученности проблемы влияния высокоминерализованных нефтепромысловых сточных вод на свойства почв и методы рекультивации техногенно-засоленных и осолонцованных почв.

Попадая в почву, НСВ оказывают влияние на весь комплекс морфологических, физических, водно-физических, физико-химических и биологических свойств, определяющих ее функции и, прежде всего, происходит засоление и осолонцевание почв [Перельман, 1975; Саттаров, 1981; Гайнутдинов, 1985; Varallyay, 1988; Porter, Adams, 1993; Prendergast et al., 1994;

Садов, 1996; Гилязов, 1999; Габбасова, 2004; Соловьева, 2005 и др.]. Кроме того, попадание промышленных стоков в природные ландшафты приводит к смене химического состава почвенных и грунтовых вод.

Рекультивация загрязненных НСВ почв предусматривает, прежде всего, их рассоление и рассолонцевание. В практике рекультивации используются методы, принятые для мелиорации природных засоленных и осолонцованных почв – химический, физический, электрофизический, биологический, гидротехнический, а также комплексное использование этих методов.

Выбор методов рекультивации засоленных и осолонцованных почв определяется состоянием почвенного поглощающего комплекса, генетическими особенностями, степенью и характером загрязнения почв. Наиболее перспективна в настоящее время комплексная технология восстановления свойств техногенно-засоленных и осолонцованных почв, включающая в себя внесение различных мелиорантов, фитомелиорацию, использование биопрепаратов.

2. Влияние прудов-накопителей нефтепромысловых сточных вод на породы, подземные воды и почвы.

В практике эксплуатации нефтяных месторождений (особенно на первом этапе разработки) возникла необходимость сбора нефтепромысловых сточных вод в специальных накопителях, так называемых прудах. Эти пруды в последующем явились источником загрязнения пресных подземных вод, грунтов и почв.

Исследования проводились на территории Шкаповского нефтяного месторождения, где в 1960-1961гг в долине р. Базлык (левый приток р. Дема) был сооружен пруд-отстойник.

В исследованиях, проведенных сотрудниками Института геологии УНЦ РАН [Абдрахманов, 1993, 2006] показано, что через 5-6 лет после прекращения сброса в пруд рассолов наблюдалось засоление и осолонцевание пород. Содержание солей в глинистых отложениях под дном пруда достигало 2500 мг/100 г породы, а обменного натрия – 53,5 %. Через 19 лет после ликвидации пруда-накопителя произошло существенное рассоление и рассолонцевание глинистых отложений, и через 30 лет эти показатели приблизились к фоновым. Также было выявлено повышение минерализации воды в роднике, расположенном в 10 км ниже пруда.

Нами в 2004 году было проведено обследование почвенного покрова на месте бывшего пруда-накопителя и отобраны пробы грунтовых и родниковых вод. Почвенные разрезы закладывались по профилю, пересекающему дамбу на 1 км выше и ниже.

Результаты наблюдений за уровнем минерализации воды в роднике представлены на рисунке 1. Зависимость минерализации воды от количества лет, прошедших после загрязнения имеет вид экспоненты и описывается уравнением $y=10,027e^{-0,0599x}$, $R^2 = 0,9279$, т.е. достоверно при вероятности $P>0,95$. Анализ выявленной зависимости показывает, что в первые 20 лет минерализация изменялась в диапазоне от 12 до 5 г/л и была неравномерна по

годам, в последующие годы снижение происходило более плавно и последовательно. Вероятно, резкие колебания минерализации воды в первые годы при высоком содержании солей в большей степени зависят от суммы годовых осадков. При концентрациях ниже 5 г/л – минерализация уменьшалась постепенно и мало зависела от колебаний суммы годовых осадков.

В родниках за пределами зоны влияния пруда-накопителя минерализация воды составляла 5-7 мг/л. Если решить полученное уравнение, подставив в него известную величину $y = 5$ мг/л можно найти x , характеризующий количество лет, необходимых для полного рассоления воды (126 лет после 1974 г, т.е. 2100 г).

$$y = ae^{-kx} \quad 1)$$

$$e^{-kx} = ay^{-1} \quad 2)$$

$$\ln ay^{-1} = kx \quad 3)$$

$$x = 1/k \ln a/y \quad 4) \quad \text{при } k=0,0599; a=10,027; y=0,005 - x = 126.$$

Следовательно, опреснение подземных вод происходит не менее чем через 140 лет после ликвидации пруда-накопителя.

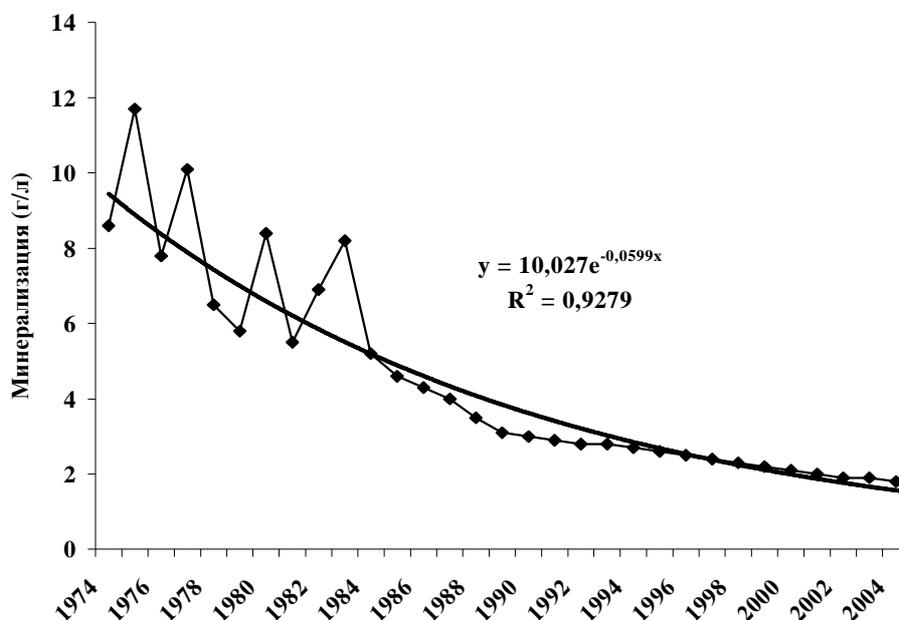


Рисунок 1. Динамика минерализации воды из родника в 10 км от пруда-накопителя.

Почвенный покров в районе пруда-накопителя представлен черноземами типичными карбонатными. Почвы разрезов, заложенных в одном километре выше и ниже пруда, не попали в сферу загрязнения НСВ. Эти почвы высокогумусные, характеризуются реакцией среды близкой к нейтральной, высокой емкостью катионного обмена, содержат от 0,4 до 0,65 % карбонатов, высоко обеспечены доступным азотом и фосфором (табл. 1).

Строительство пруда-накопителя привело к нарушению почвенного покрова не только в ложе самого пруда, но и загрязнению близлежащих почв.

Данные исследований [Абдрахманов, 1993] показали, что эти почвы были засолены и осолонцованы.

Таблица 1. Физико-химические свойства почв

Горизонт, глубина, см	рН Н ₂ О	Сухой остаток	Гумус общ.	СО ₂ карбонатов	Na водораств.	Na обм.	ЕКО	Na, % от ЕКО	N щелочногидр.	P ₂ O ₅ вал.	P ₂ O ₅ подв.
		%			мг-экв/100 г				мг/кг	мг/ 100 г	
Р.2-2004 Чернозем типичный, загрязненный НСВ											
А _П 0-28	6,85	0,094	10,80	0,036	0,1	0,40	34,82	1,2	124	191,2	2,14
АВ 28-52	6,40	0,118	6,19	0,072	0,1	0,40	31,93	1,3	66	125,4	0,52
В 52-90	6,40	0,083	2,81	0,108	0,15	0,65	33,67	1,9	56	56,4	0,14
Р.3-2004 Чернозем типичный, загрязненный НСВ											
А ₁ 0-40	7,20	0,082	10,22	0,072	0,1	0,25	34,96	0,7	124	188,1	1,00
В 40-80	7,10	0,066	2,65	0,072	0,15	0,35	24,60	1,4	42	56,4	0,48
Р.4-2004 Техногенно-нарушенная почва											
А ₁ 0-40	7,65	0,090	6,63	0,108	0,1	0,3	26,62	1,1	140	131,6	0,57
Р.5-2004 Техногенно-нарушенная почва											
А ₁ 0-40	7,85	0,105	7,45	0,072	0,25	0,85	24,63	3,5	98	97,18	2,38
Р.6-2004 Техногенно-нарушенная почва											
А ₁ 0-44	8,40	0,128	6,20	0,036	0,15	0,35	32,50	1,1	182	116,0	1,52
В 62-96	9,10	0,087	1,98	0,072	0,2	0,5	19,43	2,5	84	69,0	2,52
С 96-120	9,40	0,094	0,68	11,276	0,15	0,3	6,52	4,6	56	128,5	9,96
Р.7-2004 Чернозем типичный карбонатный											
А ₁ 0-26	7,50	0,034	11,02	0,361	0,15	0,35	44,61	0,8	238	172,4	14,1
АВ 46-67	7,40	0,081	4,17	0,452	0,15	0,35	35,48	1,0	98	100,3	1,9
В 67-96	7,70	0,086	3,30	0,452	0,15	0,35	33,67	1,0	56	94,0	2,38
Р.8-2004 Чернозем типичный карбонатный											
А ₁ 0-28	7,10	0,046	9,63	0,398	0,15	0,2	46,21	0,4	238	188,1	12,48
АВ 42-70	7,05	0,073	4,50	0,361	0,15	0,2	34,66	0,6	84	78,4	1,67
В 70-100	7,35	0,078	2,10	0,651	0,15	0,2	26,99	0,7	42	72,1	2,14

Через 40 лет после ликвидации пруда уровень остаточного засоления не превышал 0,1 %, что указывает на полное естественное рассоление этих почв. Содержание обменного натрия в профиле изменялось в диапазоне 0,7-3,5 % от емкости катионного обмена (ЕКО), т.е. осолонцевание в них также отсутствует. Вместе с тем, по сравнению с фоновыми почвами в них содержалось почти в три раза больше водорастворимых солей и обменного натрия, а в нижней части профиля содержание обменного натрия приближалось к пороговому значению –5% от ЕКО. Это подтверждалось величинами удельного электрического сопротивления, которые изменялись в диапазоне 100-300 Ом·м, тогда как в незагрязненных почвах они превышали 600 Ом·м.

Загрязнение НСВ способствовало выщелачиванию свободных карбонатов, содержание которых почти в 10 раз ниже, чем в фоновых черноземах типичных карбонатных.

Содержание общего гумуса в верхних горизонтах загрязненных почв было практически равно фоновому, но в техногенно-нарушенных почвах ложа пруда оно заметно ниже и более резко уменьшалось вниз по профилю. Гумусово-аккумулятивные горизонты почв, подверженных воздействию НСВ отличались высокой гидрофобностью структурных агрегатов, что существенно ухудшало их водный и питательный режимы. Обеспеченность доступным азотом в загрязненных почвах несколько ниже, чем в фоновых, а в перемешанных почвах – в 2-3 раза ниже. Содержание валового фосфора изменялось аналогично щелочногидролизуемому азоту.

В ложе бывшего пруда-накопителя на отдельных участках поверхность была сильно замазучена, растительность на них отсутствовала, в понижениях на поверхности воды имелись нефтяные пленки.

Загрязнение почв НСВ привело к накоплению токсичных элементов на территории, значительно превышающей площадь непосредственного воздействия. Выше ПДК и фоновых значений среди элементов 1, 2 и 3 классов токсичности аккумулировались: Cd, As, Zn, Mo, Cu, Co, Ni, Cr, Sr, V. В растениях, произрастающих на загрязненных территориях, также происходило накопление токсичных элементов. В листьях земляники лесной в концентрациях, существенно выше фоновых обнаружены: Pb, Sr, V, Rb, Ba; в листьях тысячелистника обыкновенного – Cd, Rb, Ba (табл. 2).

Таким образом, через 40 лет после воздействия НСВ происходит естественное рассоление и рассолонцевание почв. Вместе с тем в них сохраняется повышенное содержание водорастворимых солей, обменного натрия, удельное электрическое сопротивление, свойственное засоленным почвам, вследствие процессов выщелачивания уменьшается содержание карбонатов, емкость катионного обмена, ухудшаются водный и питательный режимы, местами сохраняется замазученность. Загрязнение НСВ способствует также аккумуляции токсичных элементов в почвах и растениях.

Таблица 2. Содержание химических элементов в почвах и растениях долины р. Базлык (А₁ и А_{пах})

Элемент, ppm	Контроль, пашня	НСВ	Фон, Присяньское лесничество	ПДК	Содержание в НСВ, г/м ³	Загрязнение НСВ листья		Фон	
						Земляника лесная	Тысячел. обыкновен.	Земляника лесная	Тысячел. обыкновен.
Элементы 1 класса токсичности									
Pb	22	21	1,3	30	до 84,0	9,82	1,75	1,46	1,46
Hg	0	0	0	2,1	0,02-1,0	0,1	0,07	0,06	0,06
Cd	0,5	2,0	0	0,9	Не опр.	0,12	0,24	0,10	0,07
As	18,7	14,6	2,1	2	Не опр.	3,68	1,85	3,32	1,85
Zn	113	72,0	20,7	100	0,1-28,0	22,84	24,45		
Элементы 2 класса токсичности									
Sb	0,3	0,3	0,4	4,5	Не опр.	0,01	0,01	0,01	0,01
Mo	1,4	1,3	0,1		Не опр.	0,36	0,35	0,35	0,35
Cu	101	86	21,8	55	до 29,0	13,11	10,56	12,58	10,56
Co	34	26,9	6,4	5	Не опр.	0,64	0,60	0,60	0,60
Ni	109	87	42,9	85	Не опр.	9,25	8,15	9,25	8,15
Cr	113	90,5	49,4	6	Не опр.	6,90	3,4	6,17	6,17
Элементы 3 класса токсичности									
Sr	81	106	75		до 8000,0	58,63	20,72	35,58	20,72
V	70	90	24,5	150	Не опр.	12,07	5,82	8,87	5,82
Щелочные металлы									
Li	3,0	2,3	5,0		2-11,0	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Cs	3,2	4,9	0,83		0,3-15,0	0,02	0,03	0	0
Rb	93,7	76,4	19,29		Не опр.	11,33	18,83	5,16	5,63
Ba	Не опр.	Не опр.	Не опр.		Не опр.	147,1	6,64	45,35	4,76

3. Влияние загрязнения нефтепромышленными сточными водами и рекультивации на свойства чернозема типичного

В условиях гумидного климата Южного Предуралья, способствующего естественному вымыванию солей из почвенного профиля, основной задачей рекультивации загрязненных НСВ почв является их рассолонцевание, т.е. вытеснение обменно-поглощенного натрия. Для этого используют кальцийсодержащие химические мелиоранты, чаще всего – гипс. Известно, что почвы черноземного ряда, сформированные на карбонатных почвообразующих породах, насыщены основаниями, а их отдельные подтипы, например черноземы типичные содержат и свободные карбонаты в своем профиле. Это позволяет предположить, что при относительно небольшом уровне осолонцованности возможен процесс замещения натрия из ППК имеющимся в почве кальцием. Очевидно, что этот процесс можно активизировать внесением мелиорантов, способствующих повышению содержания органического вещества, поглотительной и водоудерживающей способности почв, биологической активности и питательного режима. В наших исследованиях в качестве таких мелиорантов наряду с гипсом использовались цеолит и сапропель.

Эти природные агрономические руды являются высокоэкологичными и обладают генетическим сродством к почвам региона.

Для изучения последствий возможных аварий на нефтепромыслах и разработки системы мероприятий по восстановлению нарушенных при этом земель был заложен мелкоделяночный полевой опыт на территории водно-балансовой станции Управления по мониторингу мелиорируемых земель Республики Башкортостан на черноземе типичном в июне 2002 года.

Площадь делянок составила 2,25 м² (1,5x1,5 м). При моделировании загрязнения внесли на одну делянку по 50 литров НСВ хлоридно-натриево-кальциевого состава с минерализацией 176 г/л (Сергеевское месторождение, НГДУ «Уфанефть») на пашне и целине.

Опыт проводился в несколько этапов:

1. В июне 2002 года на делянки полевого опыта внесли НСВ.
2. В сентябре 2002 года для выбора вариантов и доз мелиорантов, были определены физико-химические свойства почвы, загрязненной НСВ.
3. В октябре 2002 года с учетом содержания солей и обменного натрия в ППК и в соответствии с вариантами опыта были внесены гипс, цеолит и сапропель из расчета по 2,5 кг на делянку.
4. В мае 2003 года был проведен посев трав: травосмесь 1 (люцерна синегибридная (*Medicago sativa*), донник желтый (*Melilotus officinalis*), пырей сизый (*Elytrigia glaucum*)); травосмесь 2 (люцерна синегибридная, донник желтый, лядвенец украинский (*Lotus ucrainicum*), пырей сизый, козлятник восточный (*Galega orientalis*)) (по 3 повторности), и эти же пять культур в отдельности. Под самозаращение на загрязненных НСВ почвах было выделено 14 делянок, при внесении мелиорантов – 4 делянки.
5. В сентябре 2004 года в целях изучения изменения комплекса свойств в почвенном профиле были заложены почвенные разрезы на основных вариантах опыта после учета урожая трав.

Опыт проводился в течение 3-х лет после загрязнения (2003-2006 гг.), средние образцы отбирались ежегодно весной и осенью методом конверта из пяти точек на глубину 0-10, 10-20, 20-30 см с каждой делянки опыта.

Грунтовые воды отбирались из скважин, расположенных на опытном участке, ниже его по склону и из бытовой скважины, где исключалось загрязнение НСВ. В течение вегетационных периодов с 2003 по 2006 гг. на опытном поле проводилась прополка сорняков на вариантах с посевом трав, полностью очищались межделяночные участки. Полив не проводился. Каждый год в сентябре проводился учет урожая массы фитомелиорантов и определение видового состава растительности на участках самозаращения.

3.1 Физико-химические свойства

Исследования, проведенные через два месяца после загрязнения чернозема типичного НСВ, показали очень высокий уровень засоления в пахотном слое и среднюю степень осолонцованности.

Весной 2003 года содержание водорастворимых солей в пахотных горизонтах на всех вариантах опыта существенно снизилось. Прежде всего, это обусловлено вымыванием солей осенними дождями и тальми водами. Вместе с тем обращает на себя внимание наличие заметных различий по вариантам опыта. Самое высокое содержание солей наблюдалось на участках без рекультивации, самое низкое 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.

Анализ данных по содержанию солей в образцах разрезов (2004 г) показал, что произошло дальнейшее рассоление по всем вариантам опыта (рис. 2, 3).

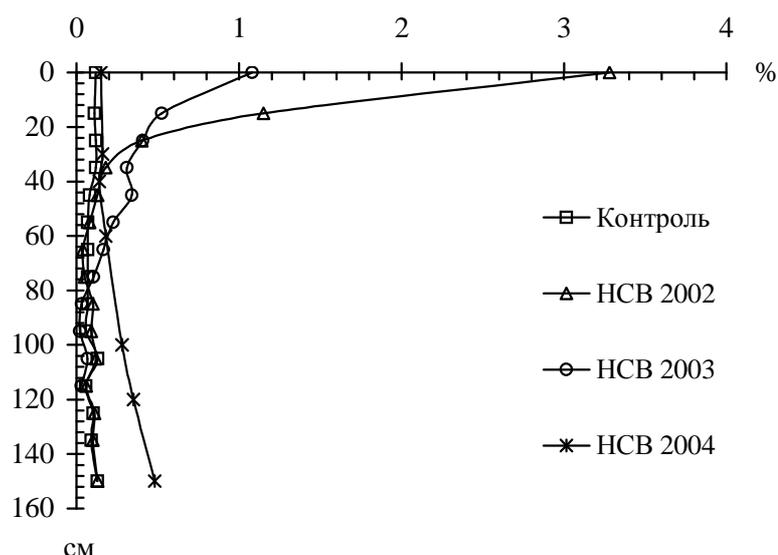


Рисунок 2. Изменение содержания водорастворимых солей в профиле чернозема типичного, загрязненного НСВ

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.

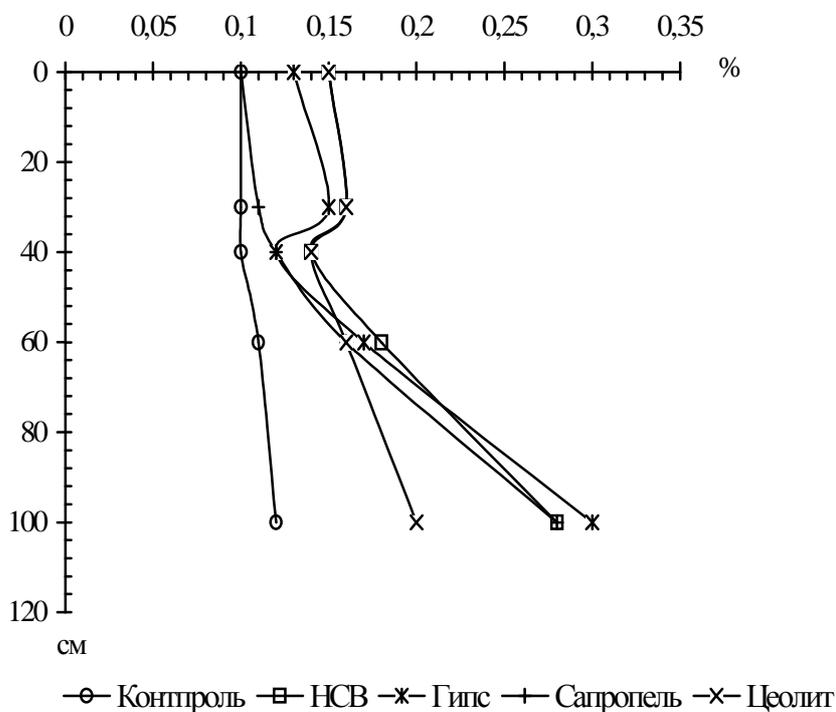


Рисунок 3. Изменение содержания водорастворимых солей в профиле чернозема типичного при внесении мелиорантов через 3 года после загрязнения НСВ

Проведение рекультивационных мероприятий привело также к существенному рассолонцеванию почвы по всем вариантам опыта.

На фоне самозараствания среди природных и химических мелиорантов наиболее эффективными были гипс и сапропель. Следует отметить, что по мере уменьшения степени засоления и осолонцевания нормализовались кислотно-щелочные условия и питательный режим в почвах.

3.2 Состав грунтовых вод

Солевой режим почвы тесно связан с условиями увлажнения и его своеобразным зеркальным отражением является состав грунтовых вод. Анализ динамики состава грунтовых вод на территории опытного участка показывает, что по мере рассоления почвенного профиля возрастала минерализация грунтовых вод как непосредственно под загрязненным участком, так и вблизи его, ниже по склону, под целиной. Максимальная минерализация воды наблюдалась осенью 3-го года после загрязнения почвы нефтепромышленными сточными водами.

На 4-й год концентрация солей в грунтовых водах существенно снизилась и на целине минерализация грунтовых вод была близка к минерализации воды бытовой скважины (рис. 4).

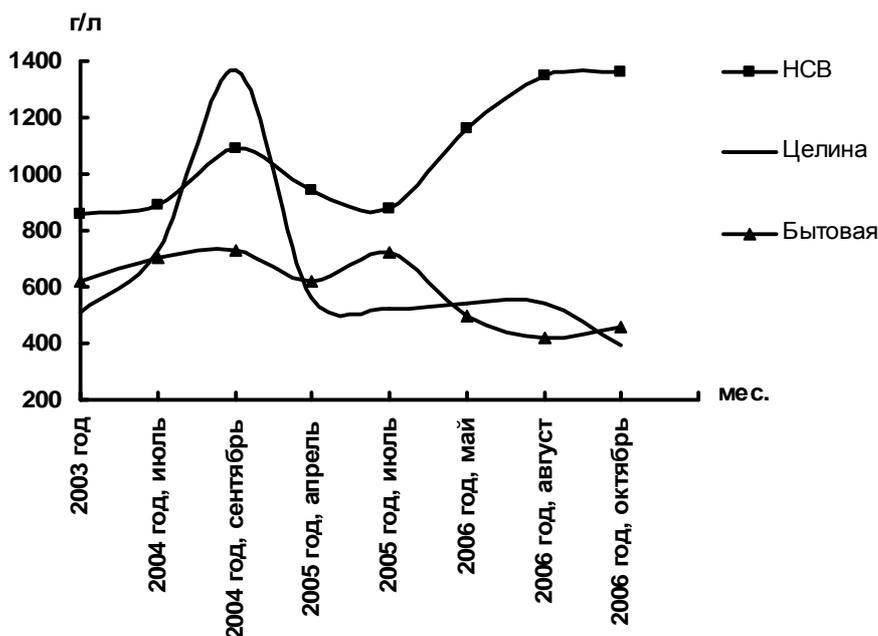


Рисунок 4. Минерализация грунтовых вод

Однако, на 5-й год после загрязнения (2006 г) минерализация грунтовых вод непосредственно под опытным участком вновь возросла почти до уровня 2004 года, и осенью (октябрь) в воде содержание иона Cl^- оказалось почти вдвое выше, чем НСО_3^- (13,5 мг. экв против 6,4 мг. экв), а среди катионов возросла доля Na^+ , то-есть наблюдалась вторая волна загрязнения грунтовых вод (рис.4). Это, очевидно, обусловлено поступлением солей из иллювиальных горизонтов.

Изменился и качественный состав воды. Под влиянием НСВ гидрокарбонатно-кальциевая вода в 2004 году трансформировалась в хлоридно-гидрокарбонатно-кальциево-натриевую, т.е. в ее составе сильно возросла доля ионов Cl^- и Na^+ . В 2006 году, несмотря на повышение содержания этих ионов, грунтовые воды вновь приобрели гидрокарбонатно-кальциевый состав.

3.3 Водно-физические свойства

Техногенное засоление и осолонцевание почвы, происходящее при загрязнении НСВ оказывает большое влияние на физические свойства почвы и ее водный режим.

При загрязнении НСВ структура чернозема типичного изменилась от «хорошей» до «удовлетворительной». При этом содержание агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) снизилось на 11,7 %, прежде всего за счет увеличения глыбистой фракции (> 10 мм) на 12,3 %. Внесение цеолита способствовало приближению структурного состава к незагрязненной почве. Гипсование и применение сапропеля привело к увеличению содержания агрономически ценных фракций на 12,8 и 10,4 % соответственно, т.е. структура почвы стала даже лучше, чем на контроле.

Следует отметить, что водопрочность структурных агрегатов незагрязненного чернозема типичного «избыточно высокая» и с формальной точки зрения загрязнение НСВ, несколько снижая ее, способствует

формированию «отличной» водопрочности. При использовании мелиорантов водопрочность остается в категории «избыточно высокой».

Загрязнение НСВ мало повлияло на гранулометрический состав почвы. Проявилась только тенденция к возрастанию содержания частиц менее 0,005 мм, что характерно при развитии процессов осолонцевания, сопровождающихся разрушением органо-минеральных комплексов из-за диспергирующего воздействия обменного натрия.

При гипсовании и внесении сапропеля содержание этих фракций приблизилось к чистому контролю. В целом гранулометрический состав на всех вариантах опыта характеризовался как легкоглинистый пылевато-иловатый.

Наблюдения за динамикой влажности почв на протяжении всего срока полевого опыта показали, что изменение запасов влаги по всем вариантам опыта носило в основном одинаковый характер, который определялся, прежде всего, количеством атмосферных осадков и временем года. Вместе с тем, по абсолютным величинам имелись существенные различия в зависимости от вида мелиоранта.

В загрязненной НСВ почве запасы влаги были самыми высокими, т.е. загрязненная почва обладает большей водоудерживающей способностью, что обусловлено возникновением ее гидрофильности при внедрении в ППК ионов натрия. Однако ее большие запасы в осолонцованной почве не определяют лучший водный режим. Это подтверждается анализом основных гидрофизических характеристик (ОГХ) и порового пространства.

Как видно из рисунка 5, после загрязнения почвы НСВ переход пленочно-рыхлосвязанной воды в пленочно-капиллярную и последней в капиллярную происходит при более высоких потенциалах, чем в незагрязненной почве, т.е. эта влага становится менее доступной для растений.

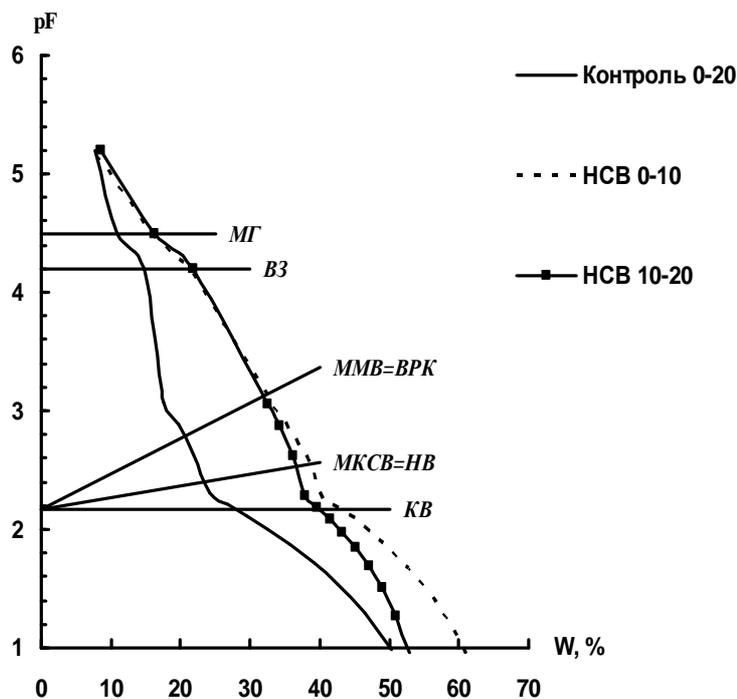


Рисунок 5. Изменение ОГХ чернозема типичного при загрязнении НСВ

При этом объем пор диаметром менее 5 мкм (ультрамикропоры и криптопоры), влага в которых недоступна растениям, вырос в 1,5 раза (рис. 6).

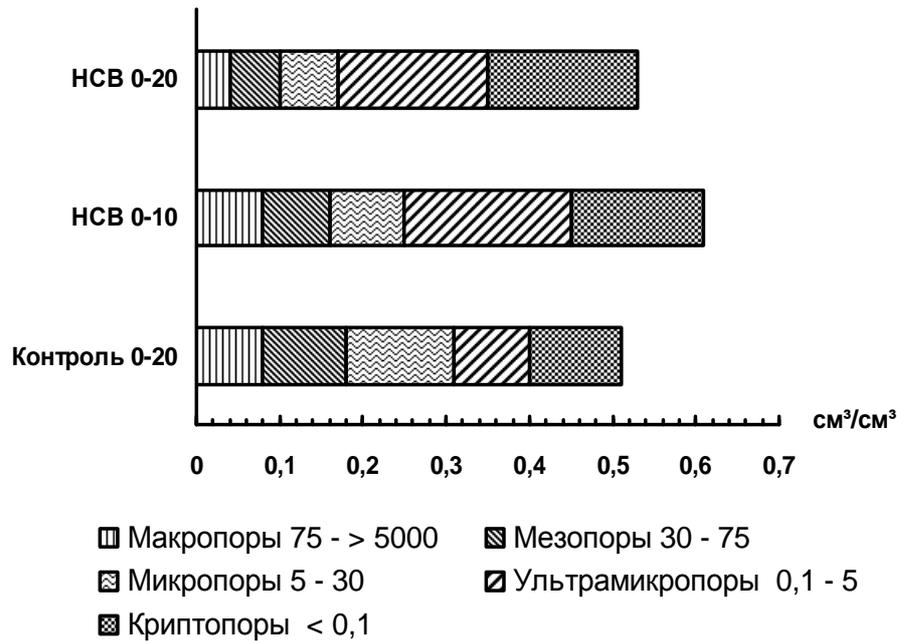


Рисунок 6. Изменение характера порового пространства чернозема типичного загрязненного НСВ

Рекультивация загрязненной почвы посредством внесения мелиорантов существенно изменила характер кривой ОГХ (рис. 7). Кривые сместились влево в область более низких потенциалов, почвенная влага стала более доступной растениям.

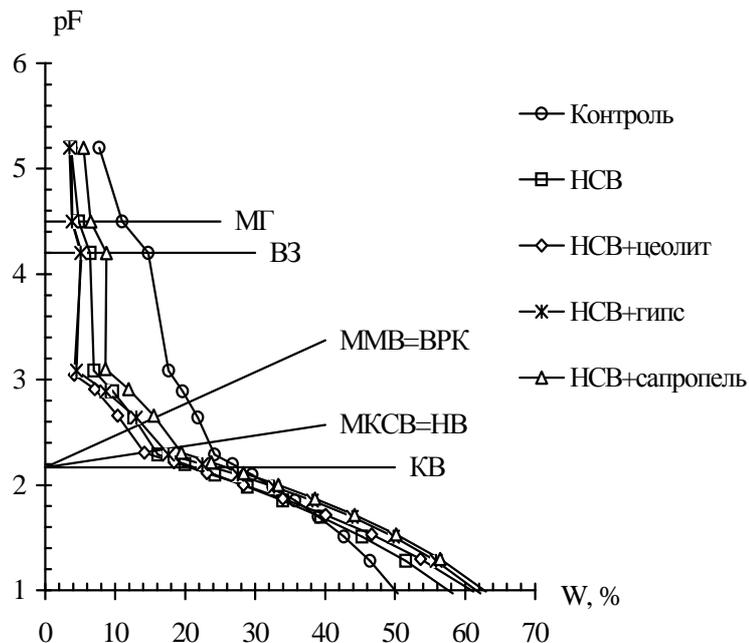


Рисунок 7. Изменение ОГХ чернозема типичного при внесении мелиорантов

Изменился и характер порового пространства: содержание макро- и мезопор, то-есть тех пор, которые отвечают за аэрацию, дренирование почвы и транспорт воды, увеличилось, особенно на варианте с цеолитом (рис. 8).

Воздействие мелиорантов на энергетическое состояние воды и характер порового пространства можно расположить в следующий возрастающий по эффективности ряд: гипс, сапропель, цеолит.

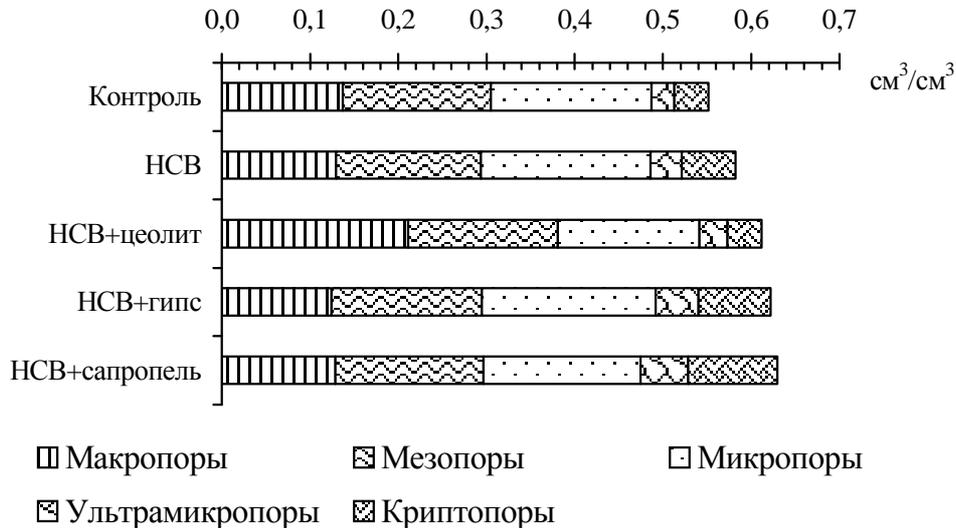


Рисунок 8. Изменение характера порового пространства чернозема типичного при внесении мелиорантов

При использовании фитомелиорантов запасы влаги уменьшились, но энергетические характеристики сдвинуты в область более низких потенциалов, следовательно, вода стала более доступной, а среди пор преобладали поры, отвечающие за транспорт воды.

При использовании в качестве фитомелиорантов одиночных культур, все кривые расположены левее кривой, характеризующей состояние пахотного слоя загрязненной почвы, оставленной на самозаращение.

По доступности растениям влаги в почвах с учетом ОГХ и характера порового пространства эффективность изученных видов трав возростала в ряду: донник – козлятник – люцерна – пырей, а среди травосмесей некоторое преимущество наблюдалось на варианте с травосмесью из трех культур.

3.4 Электрофизические свойства

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, общего и обменного натрия, поглощенных кальция и магния показал наличие достоверной зависимости между этими характеристиками (табл. 3). 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 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 Ом·м.

Следствием естественных процессов передвижения солей за пределы почвенного профиля и существенного рассолонцевания загрязненных почв при внесении мелиорантов явилось увеличение УЭС по всем вариантам опыта, значения которых вплотную приблизились к контролю (рис. 9).

Таблица 3. Уравнения регрессии и корреляционное отношение электрического сопротивления и свойств почв, загрязненных НСВ

Свойства почвы	Уравнения регрессии	R ²
Электрическое сопротивление почвенной пасты		
Na _{общ.}	$y = 258,69x^{-1,3815}$	0,87
Na _{обм.}	$y = 80,468x^{-1,2067}$	0,80
Сухой остаток	$y = 3,6025x^{-0,8804}$	0,80
Ca+Mg	$y = 8^e-06x^3 - 0,0019x^2 + 0,1514x + 50,634$	0,40
Электрическое сопротивление почвенной суспензии		
Сухой остаток	$y = 4,7807x^{-0,8391}$	0,96
Ca+Mg	$y = -4^e-06x^3 + 0,0029x^2 - 0,5786x + 59,723$	0,76
Na _{общ.}	$y = 243,48x^{-1,1795}$	0,85
Na _{обм.}	$y = 89,586x^{-1,0739}$	0,84

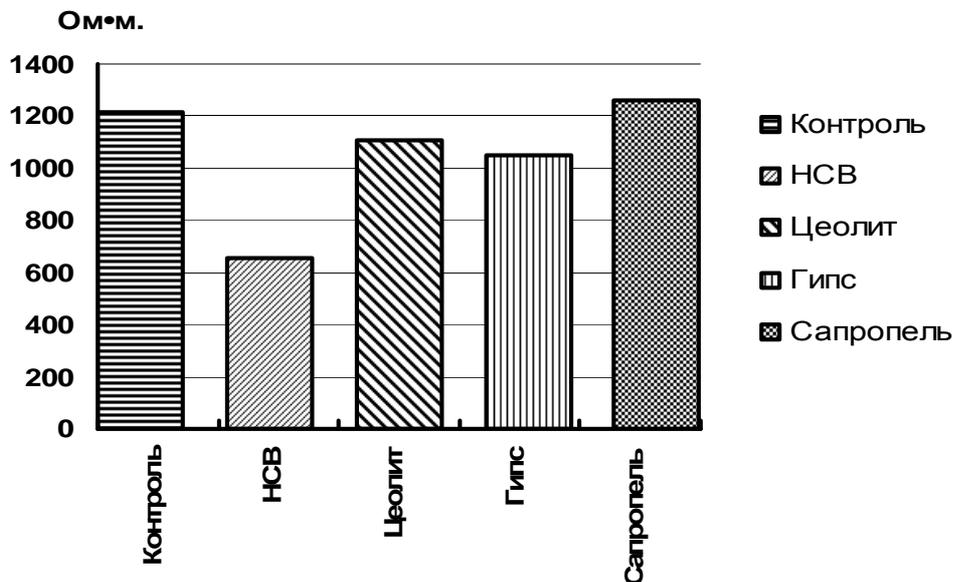


Рисунок 9. Показатели УЭС при использовании мелиорантов

Использование фитомелиорантов привело к выравниваю показателей УЭС по всем вариантам опыта (рис. 10) причем, значения УЭС характерны для незагрязненных фоновых почв.

Можно отметить некоторое увеличение УЭС на вариантах с травосмесью 1 и люцерной, что хорошо согласуется с эффективностью этих мелиорантов в отношении доступности почвенной влаги и характера порового пространства.

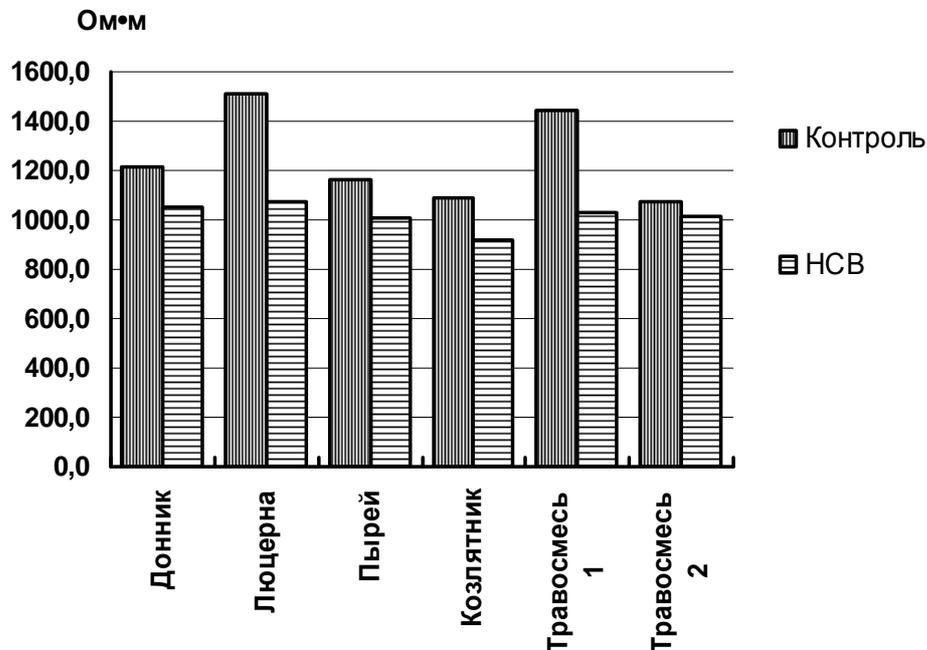


Рисунок 10. Показатели УЭС при использовании фитомелиорантов

3.5 Продуктивность фитомелиорантов

На делянках опыта высевались отдельные виды трав и две травосмеси: в составе первой три травы (люцерна синегибридная, донник желтый, пырей сизый), пять трав (люцерна синегибридная, донник желтый, пырей сизый, козлятник восточный, лядвенец украинский) в составе второй. Через год после загрязнения (2003 г) отмечалось токсическое действие НСВ, выраженное в снижении урожайности всех видов трав по сравнению с контролем.

Анализ урожайности зеленой массы фитомелиорантов за четыре года опыта показал ее увеличение по мере восстановления свойств почвы, определяющих ее агроэкологические функции. Среди отдельных видов трав наиболее устойчивыми к загрязнению НСВ оказались донник желтый, пырей сизый и люцерна синегибридная, из двух травосмесей – травосмесь 1 (люцерна синегибридная, донник желтый, пырей сизый). В последний год опыта произошло почти полное выравнивание урожайности зеленой массы трав по всем вариантам опыта, что указывает на завершение процесса рекультивации. При анализе процесса самозарастания выявили, что на загрязненной НСВ почве, уменьшилось количество видов, уменьшилось общее проективное покрытие и высота растений, по мере восстановления свойств почвы, самозарастание проходило более активно, появлялись новые виды растений, увеличивалось их количество. Наиболее

адаптированными к загрязнению оказались чертополох курчавый, марь белая, щирица запрокинутая и просо посевное.

ВЫВОДЫ

1. Загрязнение НСВ черноземов типичных в лесостепной и степной зонах Предуралья приводит к их засолению и осолонцеванию, что нехарактерно для природных условий региона.

2. Пруд-накопитель НСВ на территории Шкаповского нефтяного месторождения вследствие утечки высокоминерализованных сточных вод через дно и борта, явился источником загрязнения пород, грунтовых вод и почв.

3. Минерализация воды в роднике в 10 км ниже пруда после загрязнения повысилась с 5-7 мг/л до 12 г/л., и через 30 лет (2004 г) составила около 2 г/л. Зависимость минерализации от количества лет, прошедших после загрязнения имеет экспоненциальный характер, и описывается уравнением $y=10,027e^{-0,0599x}$ ($P>0,95$), решение которого показывает, что полное опреснение подземных вод должно произойти через 140 после загрязнения.

4. Через 40 лет после загрязнения НСВ происходит естественное рассоление и рассолонцевание чернозема типичного. Вместе с тем, сохраняется повышенное содержание водорастворимых солей и обменного натрия, пониженное удельное электрическое сопротивление, свойственное засоленным почвам, вследствие процессов выщелачивания уменьшается содержание карбонатов, емкость катионного обмена, ухудшаются водный и питательный режимы, местами сохраняется замазученность.

Влияние загрязнения проявляется также в накоплении токсичных элементов в растениях и почвах на территории, значительно превышающей площадь непосредственного воздействия. Выше известных ПДК и фоновых значений среди элементов 1, 2 и 3 классов токсичности в почвах аккумулируются: Cd, As, Zn, Mo, Cu, Co, Ni, Cr, Sr, V. В листьях земляники лесной в концентрациях, существенно выше фоновых обнаружены: Pb, Sr, V, Rb, Ba; в листьях тысячелистника обыкновенного – Cd, Rb, Ba.

5. При загрязнении чернозема типичного НСВ в объеме 200 м³/га происходит засоление пахотного слоя до очень высокого уровня и осолонцевание средней степени, что сопровождается нарушением структуры, уменьшением пористости аэрации, увеличением водоудерживающей способности почвы, при меньшей энергетической доступности влаги, резким снижением удельного электрического сопротивления.

6. Рекультивация чернозема типичного, насыщенного основаниями, возможна посредством внесения природных агроруд и химических мелиорантов, которые способствуют активному рассолению и рассолонцеванию уже через год, а через три года основные свойства и режимы почв приближаются к таковым незагрязненной почвы. Наиболее эффективными являются гипс и сапропель, при внесении которых значительно улучшилась структура почвы, оптимизировалось поровое пространство, величины удельного электрического сопротивления приблизились к показателям фоновой почвы, вода стала энергетически более доступной,

7. При рассолении почвенного профиля возрастает минерализация грунтовых вод, изменения которой на протяжении пяти лет наблюдений носят волнообразный характер. Первый максимум имел место на третий год после загрязнения, второй – на пятый. Соответственно, увеличивалась концентрация ионов хлора и натрия в воде.

8. Урожайность трав за четыре года опыта возрастала по мере восстановления свойств почвы. Самыми устойчивыми к загрязнению НСВ среди одиночных фитомелиорантов оказались донник желтый, пырей сизый и люцерна синегибридная, и эти же культуры - в травосмеси.

При самозарастании на загрязненных почвах количество видов растений по сравнению с контролем уменьшилось в три раза, среди них преобладали: чертополох курчавый, марь белая, щирца запрокинутая и просо посевное.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Рекультивацию почв черноземного ряда, насыщенных основаниями и (или) имеющих свободные карбонаты в своем профиле, можно проводить без использования кальцийсодержащих мелиорантов (гипса). Процесс замещения натрия из ППК имеющимся в почве кальцием активизируется путем внесения мелиорантов (сапропель, торф, цеолит), которые способствуют повышению содержания органического вещества, поглотительной способности почв и улучшению водно-воздушного режима.

Так же целесообразно использование фитомелиорантов, среди которых наиболее эффективна травосмесь из трех культур (люцерна синегибридная, донник желтый, пырей сизый).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Ситдинов Р.Н., Гарипов Т.Т., Поскряков А.Н. Аккумуляция нефтепродуктов в структурных агрегатах чернозема типичного // Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск, 2004. С. 468.

2. Ситдинов Р.Н., Минигазимов Р.Ш., Поскряков А.Н. Изменение свойств чернозема типичного при загрязнении товарной нефтью // Сб. научных трудов «Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России». Часть II. М.: МГУП, 2005. С. 108-113.

3. Поскряков А.Н., Ситдинов Р.Н. Структурно-функциональные и гидрофизические характеристики чернозема типичного при загрязнении товарной нефтью. // Материалы международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка и нефтехимия - 2005». Уфа, 2005. С. 341-342.

4. Батанов Б.Н., Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Поскряков А.Н., Ситдинов Р.Н. Рекультивация техногенно-засоленных почв с использованием природных агроруд // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 4. С.41-43.

5. Абдрахманов Р.Ф., Батанов Б.Н., Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Хабиров И.К., Асылбаев И.Г., Поскряков А.Н. Влияние прудов-накопителей нефтепромысловых сточных вод на окружающую среду // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 5. С. 43-45.

6. Поскряков А.Н. Влияние загрязнения нефтепромысловыми сточными водами и рекультивации на удельное электрическое сопротивление в почве // «Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие». Труды науч.-практ. конф. почвоведов, агрохимиков и земледелов Южного Урала и Среднего Поволжья. Уфа. 2006. С.156.

7. Габбасова И.М., Батанов Б.Н., Сулейманов Р.Р., Ситдилов Р.Н., Поскряков А.Н. Использование природных агроруд для рекультивации почв, загрязненных высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами // Проблемы экологии и мелиорации в Республике Башкортостан – Уфа: Информреклама, 2006. С.88-104.

8. Абдрахманов Р.Ф., Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Хабиров И.К., Асылбаев И.Г., Поскряков А.Н. Пруды-накопители нефтепромысловых сточных вод и их воздействие на почво-грунты Шкаповского месторождения нефти // Проблемы экологии и мелиорации в Республике Башкортостан – Уфа: Информреклама, 2006. С.131-141.