

ИЗМЕНЕНИЕ БУФЕРНОСТИ ПОЧВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫМИ ВОДАМИ И СЫРОЙ НЕФТЬЮ

Изучено изменение буферных свойств серых лесных почв при загрязнении высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами (НСВ) и сырой нефтью. Показано, что загрязнение почвы НСВ приводит к резкому возрастанию показателей буферности в кислотном интервале и снижению – в щелочном. Рекультивационные мероприятия, включающие в себя внесение фосфогипса и навоза, способствуют повышению ее общей буферности. При деструкции сырой нефти в процессе биологической рекультивации светло-серых лесных почв вследствие вторичного засоления и осолонцевания степень деградации почвенно-поглощающего комплекса повышается с ростом давности и уровня исходного загрязнения. Сдвиг кислотно-щелочных условий приводит к резкому уменьшению буферности в кислотном интервале.

Введение

В последние годы одним из мощных факторов деградации почв стало техногенное загрязнение почв. Почвенный покров – поглотитель практически всех химических веществ, и в почве возможно значительное снижение токсического действия различных химических соединений за счет ее буферных свойств. Однако буферная емкость почвы и ее очищающая способность не бесконечны, она может необратимо деградировать и терять свои положительные свойства при насыщении токсикантами. Из 45 тыс. га деградированных сельскохозяйственных угодий в республике Башкортостан 1,5 тыс. га нарушены в связи с добычей, транспортировкой и переработкой нефти. Из них основная доля приходится на загрязнение высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами (НСВ) и нефтью.

Арланское месторождение нефти, расположенное в Северо-Западном районе республики Башкортостан, начало разрабатываться в конце 50-х годов. Оно охватывает территории между реками Камой и Белой и Уфимским плато. Залежи нефти Арлана приурочены к песчаникам угленосной толщи нижнего карбона Бирской седловины и Верхне-Камской впадины. Нефтеносными являются несколько пластов неоднородной мощности. Нефть этого месторождения высоковязкая, сернистая, тяжелая с повышенным выходом мазута. С самого начала разработки месторождения, по информации Р.А. Фаткуллина (1996), приходилось применять механизированный способ эксплуатации скважин и закачку воды для поддержания плас-

тового давления. Законтурное и внутриконтурное заводнение требовало закачки воды в пласт в несколько раз больше, чем на других месторождениях республики. В связи с этим месторождение характеризуется высокой обводненностью добываемой нефти (до 95%). Эти воды высокоминерализованные с содержанием солей от 100 до 300 г/л, в составе которых до 60% приходится на ион Cl^- и до 35% – на ион Na^+ , кроме них 5-10% составляют Ca^{2+} и Mg^{2+} , около 1% – SO_4^{2-} и HCO_3^- . В составе НСВ обычно присутствуют также небольшое количество нефтепродуктов и микроэлементы. Содержание водорастворимых солей в нефтях Арланского месторождения может достигать 4 г/л с химическим составом, идентичным составу НСВ.

Загрязнение почв происходит главным образом, при прорывах трубопроводов, когда в почву поступает от десятков до нескольких сотен тысяч кубических метров поллютантов. В результате чего основной негативный «пресс» приходится в первую очередь на органические горизонты и выражается в существенном, а иногда и полном нарушении агроэкологических функций почв, что в конечном итоге вызывает необходимость их рекультивации и оценки степени восстановленности основных свойств после ее завершения [2, 3, 4].

В качестве же объективного критерия оценки состояния загрязненных почв можно использовать такой показатель, как кислотно-основная буферность почв, которая, в свою очередь, в основном определяется гумусным состоянием и составом почвенного поглощающего комплекса [5, 6, 7, 9]. Определение кислотно-основной буферности позволя-

ет выяснить механизмы устойчивости почв к внешним воздействиям, в частности выявлять закономерности трансформации физико-химических свойств в результате сдвига кислотно-основного равновесия при различного рода негативных воздействиях на почву. Поэтому целью данной работы явилось изучение изменения буферных свойств почв при загрязнении нефтепромысловыми поллютантами и в процессе их рекультивации.

Методика исследований

Исследования проводились в полевых условиях на серых лесных почвах, подвергшихся загрязнению НСВ и сырой нефтью и в последующем рекультивированных. Образцы почв отбирали послойно по генетическим горизонтам почвенного профиля. Общий и подвижный гумус в почве определяли по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием анализа, рН водной суспензии – потенциометрически, обменные Ca^{2+} и Mg^{2+} – комплексометрически, обменный натрий и емкость поглощения по Антипову - Каратаеву и Мамаевой [1]. Изучение кислотно-щелочной буферности проводилось методом потенциометри-

ческого титрования почвенной суспензии (в соотношении 20 г почвы:50 г воды) в диапазоне рН 4,5-10. Рассчитывали буферную площадь (S , cm^2) в кислотном и щелочном интервалах как площадь между кривой титрования почвы и кварцевого песка при непрерывном потенциометрическом титровании 0,1 н. HCl и 0,1 н. NaOH [8].

Результаты исследования и их обсуждение
Влияние загрязнения нефтепромысловыми сточными водами и рекультивации на изменение буферных свойств серых лесных почв. В 1992 году из-за прорыва коллектора произошло загрязнение нефтепромысловыми сточными водами серой лесной почвы на площади около 1 га. Для рекультивации техногенно засоленных почв, как правило, используют методы, применяемые для мелиорации природных солонцов и солончаков, которые включают в себя внесение кальцийсодержащих мелиорантов и органических удобрений [4]. В конце мая 1993 г. на загрязненном участке были проведены рекультивационные мероприятия. Для оценки эффективности проведенных мероприятий в 1997 г. были зало-

Таблица 1. Физико-химические свойства и кислотно-основная буферность серой лесной почвы, загрязненной НСВ

Горизонт, мощность, см	Гумус, %		рН H ₂ O	H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	ЕКО	Na, % от ЕКО	S _к , см ²	S _щ , см ²
	общий	подвиж		мг-экв/100 г почвы						мг-экв/100 г почвы	
Разрез 8 (загрязнение НСВ, фосфогипс, навоз)											
Ап 0-28	8,99	1,04	6,84	0,67	20,0	4,0	3,4	32,7	10,4	76,0	20,1
А1 28-43	2,24	0,08	7,77	0,20	12,3	4,9	2,8	18,7	14,9	не опр.	не опр.
АВ 43-56	1,07	0,02	7,65	0,31	16,5	3,9	0,2	20,0	1,0	не опр.	не опр.
В 56-113	0,71	0,01	7,51	0,41	14,5	4,9	0,9	20,5	4,4	24,4	12,0
Разрез 9 (загрязнение НСВ, без рекультивации)											
Ап 0-22	1,81	0,05	7,11	0,25	8,7	4,8	10,5	25,5	41,2	29,6	7,1
АВ 22-44	0,70	0,02	7,44	0,51	10,5	4,8	6,2	20,9	29,7	не опр.	не опр.
В 44-120	0,37	0,001	7,05	0,51	13,0	3,0	3,4	19,0	17,9	11,0	6,4
Разрез 10 (загрязнение НСВ, фосфогипс)											
Ап 0-22	1,65	0,34	7,91	0,93	16,9	3,8	7,9	27,9	17,6	20,1	15,0
А1 22-34	2,14	0,39	7,06	1,08	10,7	3,9	5,4	22,4	24,1	не опр.	не опр.
В 42-120	0,61	0,03	7,05	0,62	14,0	4,0	2,2	22,9	9,6	17,4	3,1
Разрез 11 (фон, незагрязненная почва)											
Ап 0-22	2,34	0,23	6,49	1,23	22,5	5,8	0	30,1	0	12,5	14,8
А1 22-34	2,31	0,23	6,50	1,23	15,0	5,0	0	31,6	0	не опр.	не опр.
В 43-120	0,69	0,02	6,90	0,46	15,0	4,0	0	15,6	0	6,4	5,5

Примечание: S_к, см² – площадь буферности в кислотном интервале; S_щ, см² – площадь буферности в щелочном интервале.

жены полнопрофильные разрезы по следующей схеме: 1) внесение фосфогипса из расчета 10 т/га (разрез 8); 2) повторное внесение фосфогипса из расчета 57 т/га (для слоя почвы 40 см) и навоза поверх прогипсованного слоя из расчета 200 т/га (разрез 10); 3) загрязненный участок без рекультивации (разрез 9); 4) фоновая серая лесная почва (разрез 11).

Серая лесная незагрязненная почва (разрез 11) характеризуется слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды. Почва высоко насыщена основаниями, в их составе преобладают кальций, количество которого в 4-6 раз выше, чем магния. Загрязнение НСВ приводит к значительным изменениям физико-химического состояния изучаемой почвы: даже через 5 лет после попадания НСВ в пахотные слои почвы содержание количества водорастворимых солей остается на высоком уровне, соответствующем средней степени засоленности. Количество обменного натрия в пахотном слое достигает 41,2% от емкости катионного обмена (ЕКО), а кальция – снижается почти в 3 раза (между содержанием кальция в составе почвенно-поглощающего комплекса (ППК) и емкостью катионного обмена коэффициент корреляции (r) = 0,57). Вследствие засоления и осолонцованности почвенного профиля возрастает щелочная реакция почвенного раствора, заметно уменьшается ЕКО (табл. 1). С глубиной содержание водорастворимых солей постепенно снижается, и только почвообразующая порода остается незасоленной. Насыщенность ППК натрием с глубиной также постепенно убывает, но слабая степень осолонцованности (5,7 Na⁺, в % от ЕКО) отмечается на глубине 120-150 см. В составе водной вытяжки доминируют ионы хлора и натрия (табл. 2).

Данные анализов подтверждают, что процессу осолонцевания подвергается весь почвенный профиль и полного естественного рассоления почвы не наблюдается и по истечении 5 лет после загрязнения НСВ.

Существенному улучшению физико-химических свойств загрязненной почвы способствовало внесение фосфогипса (разрез 10) как отдельно, так и совместно с навозом (разрез 8). Количество водорастворимых солей в пахотных горизонтах уменьшилось соот-

ветственно до 0,30 и 0,19% против 0,70% в некультивированной почве, что характерно для незасоленных почв.

Содержание обменного натрия в пахотном слое после гипсования снизилось более чем в два раза, а при внесении навоза – в 3 раза, что составило среднюю степень осолонцованности. При этом несколько возросло количество кальция. Но в то же время отмечается некоторое снижение содержания поглощенного кальция в подпахотном и иллювиальном горизонтах профиля всех почв, что характерно для серых лесных почв из-за развития процессов оподзоливания. В соответствии со снижением натрия в составе ППК несколько увеличилось количество кальция. Следует отметить, что количество поглощенного кальция даже после внесения навоза остается ниже, чем в незагрязненной почве. Содержание обменного магния как в рекультивированных участках, так и в загрязненной почве также ниже, чем в фоновой.

Значительное снижение натрия в составе ППК не привело к подкислению почвенного раствора. Реакция среды остается слабощелочной. Это обусловлено в значительной степени изменением буферных свойств осолонцованных почв. Как известно, параметры буферности в совокупности являются интегральной функцией всех химических компонентов почв, в силу способности последних путем реакций гидролиза – нейтрализации, процессов молекулярной и ионной сорбции – десорбции и других гасить или усиливать эффект от вводимых кислоты или щелочи [6].

Проведенные исследования также показали (табл. 1), что незагрязненная серая лесная почва характеризуется пониженной буферностью в кислотном интервале и более высокой – в щелочном. После загрязнения НСВ и внедрения натрия в ППК до уровня 41,2% от емкости поглощения в горизонте Апах площадь буферности в кислотном интервале резко возрастает в 2,4 раза, а в щелочном – снижается в 2 раза (разрез 9). Отмечено, что с уменьшением содержания обменного кальция в 2,5 раза уменьшилась площадь буферности в 2 раза. Учитывая, что на начальных этапах подкисления или подщелачивания суспензий в реакцию вступает

Таблица 2. Состав водной вытяжки серой лесной почвы, загрязненной НСВ

Горизонт, мощность, см	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Сухой остаток, %
	мг-экв/100 г почвы					
Разрез 9 (загрязнение НСВ, без рекультивации)						
А пах 0-22	0,80	9,40	1,0	0,02	8,98	0,61
А1В 22-44	0,90	5,45	1,0	0,02	5,33	0,39
Разрез 11 (фон, незагрязненная почва)						
Апах 0-22	0,25	0,147	0,35	сл.	0,047	0,03
А1В 34-43	0,30	0,188	0,20	-	0,288	0,03

наиболее активная часть химических соединений почвы, становится очевидным, что высокая буферность загрязненной почвы против подкисления обуславливается обменными реакциями замещения Ca²⁺ на Na⁺ в составе ППК, и с увеличением степени осолонцованности почвы она будет возрастать. Подтверждением чего является тесная отрицательная корреляционная связь между содержанием обменного Na⁺ и Ca²⁺ (r = -0,70).

После внесения фосфогипса в соответствии с уменьшением содержания натрия до 17,6% от ЕКО площадь буферности в кислотном интервале (Sk) снижается с 29 до 20 см². В щелочном плече гипсование вызывает увеличение буферной площади (Sщ) с 7,1 до 15 см. Данное повышение буферности к основанию может быть связано с увеличением подвижного гумуса в 1,5 раза и значительным увеличением гидролитической кислотности по сравнению с фоновой почвой. Корреляционный анализ показал наличие определенной достоверной зависимости между буферностью в щелочном интервале как с гидролитической кислотностью (r = 0,52), так и с содержанием подвижного гумуса (r = 0,82). Следует отметить, что внесение в загрязненную почву фосфогипса не останавливает процесс дегумификации: содержание гумуса в пахотном слое составило 1,65% против 2,34% в незагрязненной.

Внесение навоза на фоне гипсования оказывает существенное влияние на буферные свойства серой лесной почвы. В пахотном слое площадь буферности в кислотном интервале возрастает почти в 4 раза по сравнению с фоновой почвой и в 2,6 раза по сравнению с нерекультивированной. В щелочном интервале также наблюдается значительное

увеличение площади буферности. Здесь же складываются благоприятные условия по гумусированности. Содержание валового гумуса в пахотном слое возросло почти в 4 раза и составило 8,9%, а подвижного – 1,04%. Следует отметить, что увеличение общего гумуса коррелирует с повышением буферности как в кислотном (r = 0,88-0,94), так и в щелочном интервале (r = 0,76-0,82). Следовательно, при внесении навоза на фоне гипса исследуемая почва становится более буферной как против подкисления, так и против подщелачивания, т.е. приобретает большую общую буферность.

Таким образом, проведение рекультивации приводит к улучшению комплекса свойств серых лесных почв, загрязненных НСВ. Происходит снижение доли обменного натрия при гипсовании до 28,3%, а при дополнительном внесении навоза – до 10,4% против 41,2% на нерекультивированном участке; снижается содержание водорастворимых солей до значений, характерных для незасоленных почв. При этом нейтрализуется щелочность почвенного раствора, улучшается гумусное состояние и повышается общая буферная способность почвы.

Влияние загрязнения сырой нефтью и биологической рекультивации на изменение буферных свойств светло-серых лесных почв. В 1997 году также были выявлены участки, загрязненные сырой нефтью в начале 60-х и середине 70-х гг., расположенные на пахотных угодьях, приуроченные к пологому склону юго-восточной экспозиции близ д. Нижняя Татъя (площадью около 1,5 га примерно с 30-летней давностью загрязнения) и юго-западному склону близ с. Графское (около 3 га с 15-летней загрязненностью).

В последнее время широкое распространение получил биологический метод рекультивации нефтезагрязненных почв, основанный на использовании различных биопрепаратов, содержащих микроорганизмы – деструкторы нефти. Как правило, используемые промышленные биопрепараты характеризуются своей галотолерантностью и способны к деструкции нефти в средах с соленостью до 150 г/л [2]. В результате чего светло-серую лесную почву, загрязненную сырой нефтью с различными сроками давности (15 и 30 лет), обработали промышленным биопрепаратом «Путидойл» из расчета 2,5 кг/га. Схема опыта: разрез 12 (30-летнее загрязнение, рекультивированный), разрез 13 (30-летнее загрязнение, рекультивированный) и фоновая к ним незагрязненная почва (разрез 14); разрез 15 (15-летнее загрязнение, рекультивированный) и фоновая незагрязненная почва (разрез 16).

Анализ параметров буферности показал, что в пахотном слое почвы с 30-летней давностью загрязнения при остаточном содержании нефтепродуктов (НП), равном 0,62 г/кг (разрез 12), отмечается самая низкая площадь буферности в кислотном интервале – 1,62 см² против 11,2 см² в незагрязненной почве (разрез 14). В менее загрязненной почве (разрез 13, где содержание НП равно 0,0062 г/кг) снижение площади буферности в данном интервале менее значительно – $S_k = 3,0$ см² (табл. 3). Очевидно, решающими факторами в изменении буферной способности почв после биологической рекультивации являются не только состав почвенного поглощающего комплекса, но и процессы, связанные с преобразованием группового и фракционного состава гумуса вследствие ускоренной деструкции нефти в почве. Как видно из таблицы 3, в пахотном слое разреза 12 суммарное содержание кальция и магния составляет всего 3 мг-экв на 100 г почвы, а количество обменного натрия достигает 35% от емкости поглощения, т.е. произошло осолонцевание этого горизонта.

Вероятно, резкое уменьшение буферной способности к кислотному воздействию в почве с более высоким остаточным содержанием НП (разрез 12) связано с возрастанием в составе гумуса фульвокислот преимущественно фракции 1а [3]. Между площадью

буферности в кислотном интервале и количеством фульвокислот фракции 1а обнаружена тесная корреляционная связь ($r = 0,86$).

При меньшей загрязненности почвы нефтепродуктами (разрез 13, содержание НП – 0,0062 г/кг) в составе катионов пахотного слоя преобладают Ca^{2+} и Mg^{2+} , сумма которых в 4 раза выше, чем в почве разреза 12. В соответствии с увеличением содержания поглощенных кальция и магния в этой почве снижается количество обменного натрия с 4,8 до 3,3 мг-экв/100 г почвы. Гуматность фракционно-группового состава пахотного слоя ($S_{гк}:S_{фк} = 1,5$) возрастает вследствие не столько увеличения гуминовых кислот, сколько уменьшения фульвокислот, что также могло способствовать повышению буферной способности к подкислению ($S_k = 3$ см²). В подпахотном горизонте потеря органического углерода происходит в основном за счет гуминовых кислот, соотношение $S_{гк}:S_{фк}$ сужается до 0,6.

В пахотном слое почвы, рекультивированной через 15 лет после загрязнения, изменения буферных свойств серой лесной почвы адекватны: площадь буферности в кислотном интервале уменьшилась в 3 раза по отношению к фоновой почве, а в щелочном интервале наблюдается ее увеличение на 17,5% ($S_{щ} = 34,6$ см² в фоновой и 41,5 см² в загрязненной почве). При этом количество обменного Ca^{2+} уменьшилось в среднем в 2 раза, а обменного Na^+ соответственно увеличилось. Отмечено, что наблюдаемое уменьшение буферной способности почвы с 15-летней давностью загрязнения менее существенно, чем в пахотном и подпахотном горизонтах почвы с 30-летней давностью загрязнения. Предполагается, что это связано с увеличением доли гуминовых кислот в составе гумуса и более интенсивным разложением НП в процессе рекультивации почвы с 15-летней давностью загрязнения, несмотря на их высокое исходное содержание – 4,37 г/кг против 1,65 в почве через 30 лет после загрязнения нефтью.

Значительное уменьшение буферной способности нефтезагрязненных почв в кислотном интервале свидетельствует, что видимое улучшение гумусного состояния почв после рекультивации связано только с привнесением углерода нефти, а не с процессами гумификации.

Таблица 3. Физико-химические свойства и кислотно-основная буферность светло-серой лесной почвы, загрязненной сырой нефтью

Горизонт, мощность, см	Гумус, %	Нефтепродукты, г/кг	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	EКО	Na ⁺ , % от EКО	Sk, см ²	Sщ, см ²
				мг-экв/100 г почвы					мг-экв/100 г почвы	
Разрез 12 (30-летнее загрязнение сырой нефтью, рекультивированный)										
Апах 0-28	4,70	0,62	5,15	2,0	1,0	4,8	14,3	33,6	1,62	20,7
А1 28-43	5,70	1,36	4,75	2,0	1,0	6,1	14,5	42,1	0,5	24,4
А1А2 43-49	2,68	0,75	5,00	2,0	1,0	2,3	8,6	26,7	0,5	8,6
А2В 49-71	1,85	0,31	5,39	4,0	2,0	6,5	16,5	39,4	0,5	7,1
В 71-100	1,18	0,30	6,10	5,0	3,0	5,2	11,2	46,4	0,5	20,4
Разрез 13 (30-летнее загрязнение сырой нефтью, рекультивированный)										
Апах 0-28	1,53	0,006	5,94	8,0	3,0	3,3	15,5	21,3	3,0	20,6
А2 31-48	0,88	0,006	6,40	5,5	3,5	3,8	11,3	33,6	1,4	3,3
А2В 48-58	0,10	0,006	6,95	11,0	5,0	4,2	17,3	20,5	3,9	12,1
В 58-84	0,07	0,005	6,06	7,0	4,0	3,5	11,5	30,4	4,5	6,7
Разрез 14 (фон, незагрязненная почва)										
Апах 0-28	1,41	0	7,00	12,0	4,0	1,3	19,3	6,7	11,2	15,5
А2В 32-44	1,19	0	6,63	9,0	5,0	0,8	16,0	5,0	3,0	6,9
В 44-100	0,07	0	5,20	13,0	5,5	0,7	24,0	2,9	7,1	59,1
Разрез 15 (15-летнее загрязнение сырой нефтью, рекультивированный)										
Апах 0-28	4,31	0,70	5,35	4,5	3,0	3,8	15,5	24,5	2,6	41,5
А1 28-34	3,72	0,30	5,25	4,0	3,0	1,8	16,0	11,2	3,1	37,1
А2В 34-54	0,31	0,03	6,50	9,0	3,0	5,8	21,0	27,6	4,6	24,7
В 54-83	0,54	0,04	6,30	5,5	3,5	2,4	11,0	21,8	6,6	15,5
Разрез 16 (фон, незагрязненная почва)										
Апах 0-28	2,56	0	6,40	10,0	4,0	1,6	19,3	8,2	8,5	34,6
А1 28-34	1,98	0	6,40	9,0	4,0	0	16,5	0	9,0	26,7
А2В 34-54	0,40	0	6,23	11,0	4,0	0,8	16,5	4,8	3,7	11,9
В 54-85	0,55	0	6,35	6,5	2,5	0	10,5	0	5,9	6,8

Таким образом, при ускоренной деструкции сырой нефти в процессе биологической рекультивации светло-серых лесных почв через 30 и 15 лет после загрязнения вследствие их вторичного засоления и осолонцевания степень деградации ППК повышается с ростом давности и уровня исходного загрязнения. Сдвиг кислотно-щелочных условий приводит к резкому уменьшению буферности в кислотном интервале. Изменения буферной способности к подщелачиванию менее существенны и имеют обратную направленность.

Выводы

Загрязнение почв нефтепромышленными поллютантами, в том числе высокоминерализованными сточными водами и сырой нефтью, способствуя засолению и осолонцева-

нию почв, приводит к деградации гумусного состояния, почвенного поглощающего комплекса и соответственно к ухудшению их буферной способности.

Загрязнение серой лесной почвы НСВ приводит к резкому возрастанию показателей буферности в кислотном интервале и снижению – в щелочном. При проведении рекультивации с использованием фосфогипса возрастает буферность почвы против подщелачивания. При дополнительном внесении навоза почва становится более буферной и по отношению к кислотным воздействиям. Следовательно, при совместном применении фосфогипса и навоза происходит существенное улучшение физико-химических свойств и серая лесная почва приобретает большую общую буферность.

В процессе биологической рекультивации почв через 30 и 15 лет после загрязнения в условиях ускоренной деструкции сырой нефти происходит их засоление и осолонцевание, усиливается разрушение почвенно-поглощающего комплекса и сдвиг кислотно-основного состояния в сторону резкого ухудшения буферной способности к кислотному воздействию. Снижение буферности в кислотном интервале более значительно в почве, рекультивированной через 30 лет после загрязнения и с более высоким остаточным со-

держанием нефтепродуктов. Предположительно это связано преимущественно с увеличением в фракционно-групповом составе гумуса количества фульвокислот фракции Ia. Деградированность ППК также повышается с ростом давности и уровня исходного загрязнения и зависит от интенсивности разложения сырой нефти. Изменения буферности в щелочном интервале в целом имеют обратную направленность, но их уровень в техногенных условиях не адекватен изменению буферности против подкисления.

Список использованной литературы:

1. Аринушкина Е.Б. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд. МГУ, 1970. 491 с.
2. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Бойко Т.Ф., Галимзянова Н.Ф. Использование биогенных добавок совместно с биопрепаратом «Деворойл» для рекультивации нефтезагрязненных почв // Биотехнология. 2002а. №2. С. 57-65.
3. Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х., Сулейманов Р.Р. Оценка степени восстановленности нефтезагрязненных почв с давними сроками загрязнения после биологической рекультивации // Почвоведение. 2002б. №10. С. 1259-1273.
4. Гайнутдинов М.З., Гилязов М.Ю., Храмов И.Т. Изменение агрохимических свойств выщелоченных черноземов под влиянием нефтепромысловых сточных вод и их рекультивация // Агрохимия. 1982. №7. С. 111-116.
5. Зайцева Т.Ф. Буферность почв и вопросы диагностики // Известия СО АН СССР. Серия биологические науки. 1987. Т. 14. Вып. 2. С. 69-80.
6. Мотузова Г.В. Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям // Почвоведение. 1994. №4. С. 46-52.
7. Надточий П.П. Кислотно-основная буферность почвы – критерий оценки ее качественного состояния // Почвоведение. 1998. №9. С. 1094-1102.
8. Надточий П.П. Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. 1993. №4. С. 34-39.
9. Соколова Т.А., Мотузова Г.В., Малинина М.С. Химические основы буферности почв. М.: Изд-во МГУ, 1991. 108 с.
10. Фаткуллин Р.А. Природные ресурсы Республики Башкортостан и рациональное их использование. Уфа: Китап, 1996. 175 с.

Статья рекомендована к публикации 14.03.07