

## КИСЛОТНО-ОСНОВНАЯ БУФЕРНОСТЬ ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ В АГРОТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Изучена кислотно-основная буферная способность зональных типов почв Южного Приуралья (целинные и пахотные аналоги). Общей закономерностью является возрастание буферности против подкисления с севера на юг с минимальными значениями в светло-серых лесных почвах и максимальными – в черноземах типичных карбонатных и южных. Изменение буферной способности почв коррелирует с содержанием гумуса и кислотностью почв. Выявлены особенности изменения буферности в кислотном-основном интервале при сельскохозяйственном использовании земель и нефтяном загрязнении почв.**

**Ключевые слова:** буферные свойства почв.

Антропогенное воздействие на кислотно-основные характеристики почв в Приуралье на территории Республики Башкортостан может проявляться в повышении как кислотности, так и щелочности почв. Основными факторами кислотного воздействия являются так называемые «кислотные дожди», интенсивное сельскохозяйственное использование земель, применение минеральных удобрений, развитие эрозии. Увеличение щелочности почв региона обусловлено прежде всего развитием процессов осолонцевания при загрязнении почв натрийсодержащими веществами (нефтепромысловыми сточными водами, отходами производства соды и т. п.). В этой связи определение буферности почв в кислотном-щелочном интервале может служить основой мониторинга и охраны почв; поможет решению ряда задач, связанных с почвенной кислотностью, с расчетом доз извести и удобрений, а также с разработкой эффективных методов рекультивации техногенно нарушенных земель.

Целью настоящих исследований явилось определение кислотно-основной буферности наиболее распространенных в Приуралье на территории Республики Башкортостан генетических типов почв в зависимости от агротехнических условий: способов обработки, внесения минеральных и органических удобрений – и при загрязнении почв при нефтедобыче. Типы почв и варианты агротехногенных воздействий указаны в таблицах 1–5.

Агрохимические показатели и физико-химические свойства в изучаемых почвах определяли общепринятыми методами согласно руководствам по химическому анализу почв [1, 2]. Для оценки кислотно-основной буферной способности почвенных образцов определяли бу-

ферную площадь  $S$  (см<sup>2</sup>) в кислотном и щелочном интервалах – площадь между кривой титрования почвы и кварцевого песка при непрерывном потенциометрическом титровании 0,1 н HCl и 0,1 н NaOH [5]. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами.

### Результаты и их обсуждение

Как известно, буферность почв определяется довольно сложным комплексом протекающих в них физико-химических и биологических процессов и зависит прежде всего от реакции почвенного раствора, наличия карбонатов, содержания и состава органического вещества, емкости катионного обмена, степени насыщенности ППК основаниями. Наиболее высокой буферной способностью характеризуются тяжелые хорошо гумусированные почвы с высокой удельной поверхностью (УП). Чем больше удельная поверхность почвы и УП ее илистой фракции, тем более устойчива почва к деградации при кислотном воздействии [6]. Величина УП отражает генетические особенности почв и в неэродированных почвах возрастает от дерново-подзолистых (1,7-2,2) к серым лесным (9,5-13,5) и черноземам (15-30 м<sup>2</sup>/г). В этом же направлении повышается гумусированность, сопротивляемость к различным техногенным нарушениям [8].

Анализ параметров буферности (табл. 1) показал, что в ряду зональных типов почв общей закономерностью является возрастание с севера на юг буферности почв против подкисления с минимальными значениями в светло-серых лесных почвах и максимальными – в черноземах типичных карбонатных и южных.

В этом же направлении наблюдается увеличение рН водной и солевой суспензий, реакция почвенного раствора изменялась от сильнокислой до слабощелочной.

Следует отметить, что коррелятивная зависимость между буферностью в кислотном интервале и актуальной кислотностью выявлена для всех почв, а с потенциальной кислотностью – только в пахотных аналогах ( $y = 40,9 - 13,7x + 1,87x^2$ ). Очевидно, это обусловлено широким диапазоном варьирования в них физико-химических свойств в отличие от целинных, которые, как известно, более устойчивы к внешним воздействиям. Изменения буферности в щелочном интервале имеют в целом обратную направленность. При этом в почвах с рН около 6 и ниже площадь буферности в щелочном интервале почти вдвое больше, чем в кислотном, а при возрастании щелочности ( $pH \geq 8$ ) соотношение снижается до 1,3 и сохраняется только в целинных аналогах. На пашне в черноземе типичном карбонатном и черноземе южном в кислотном плече буферность выше в 1,4 раза по сравнению с щелочным. В черноземе типичном тяжелосуглинистом с реакцией среды, близкой к нейтральной, с рН = 6,6, как в наиболее устойчивой к кислотному воздействию почве, буферная способность на целине и на пашне примерно одинакова в обоих интервалах, а соотношение площади буферности в кислотном интервале к щелочному равно 1,5. Предполагается, что в черноземе типичном на буферность в кислотном интерва-

ле решающее влияние оказывает вертикальная миграция свободных карбонатов, а в черноземе южном на буферность влияют еще наличие натрия в составе ППК (в южных черноземах содержится 0,56-0,69 мг-экв/100 г обменного натрия в  $A_{ПАХ}$ ) и степень солонцеватости этих почв. Из таблицы 1 видно, что содержание обменного кальция в пахотном варианте выше (на 9,8 мг-экв/100 г) по сравнению с целинной почвой, а в черноземе южном количество поглощенного кальция не изменилось. То есть, несмотря на высокую степень насыщенности основаниями, южные черноземы обладают низкой обменной емкостью поглощения, что может явиться причиной слабой способности этих почв к закреплению вносимых удобрений и вымывания их талыми и ливневыми водами за пределами поля.

Буферность в исследованных почвах дифференцирована по генетическим горизонтам. Заметное снижение буферности в кислотном интервале наблюдается при развитии элювиального процесса в серых лесных почвах, а увеличение особенно заметно в иллювиальных горизонтах почв, сформированных на карбонатных почвообразующих породах. В почвах черноземного ряда профиль более выровнен по величине буферности, ее показатели в кислотном интервале возрастают с глубиной, а в щелочном убывают (рис. 1а и 1б).

В разных подтипах почв с примерно одинаковым уровнем кислотности показатели буферности как в кислотном, так и в щелочном

Таблица 1. Физико-химические свойства зональных типов почв Южного Приуралья (пахотный слой)

Почвы	рН		Гумус, %		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ск	Сщ
	водн.	сол.	общ.	подв.	мг-экв/100 г почвы		см <sup>2</sup>	
Светло-серая тяжелосуглинистая	<u>5,58</u>	<u>4,63</u>	<u>4,06</u>	<u>0,83</u>	<u>21,5</u>	<u>9,3</u>	<u>20,1</u>	<u>48,1</u>
	5,08	3,80	3,10	0,88	17,4	8,2	24,4	48,5
Серая лесная тяжелосуглинистая	<u>5,67</u>	<u>5,03</u>	<u>5,47</u>	<u>0,50</u>	<u>31,8</u>	<u>11,3</u>	<u>24,4</u>	<u>46,0</u>
	6,52	5,80	3,19	0,18	29,7	10,2	23,2	31,2
Темно-серая среднесуглинистая	<u>6,50</u>	<u>5,97</u>	<u>6,60</u>	<u>0,68</u>	<u>27,6</u>	<u>5,7</u>	<u>29,3</u>	<u>47,3</u>
	6,25	5,40	2,53	0,22	14,3	7,6	22,6	43,4
Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый	<u>5,32</u>	<u>4,56</u>	<u>10,7</u>	<u>1,30</u>	<u>49,2</u>	<u>11,3</u>	<u>25,1</u>	<u>60,5</u>
	5,88	4,98	10,5	1,15	50,2	9,6	28,7	53,6
Чернозем выщелоченный легкоглинистый	<u>6,05</u>	<u>5,30</u>	<u>10,9</u>	<u>1,38</u>	<u>39,9</u>	<u>9,6</u>	<u>32,1</u>	<u>54,0</u>
	5,90	5,20	10,2	0,83	36,2	7,5	26,9	56,5
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	<u>6,60</u>	–	<u>10,1</u>	<u>0,70</u>	<u>34,5</u>	<u>8,3</u>	<u>32,5</u>	<u>45,8</u>
	5,80	–	9,32	0,72	30,5	10,1	30,5	47,8
Чернозем типичный карбонатный среднесуглинистый	<u>7,25</u>	–	<u>7,43</u>	<u>0,34</u>	<u>27,6</u>	<u>8,4</u>	<u>37,6</u>	<u>39,0</u>
	7,70	–	5,70	0,11	38,4	7,2	43,7	34,1
Чернозем южный легкоглинистый	<u>6,80</u>	–	<u>5,05</u>	<u>0,36</u>	<u>22,5</u>	<u>12,3</u>	<u>36,1</u>	<u>59,6</u>
	7,90	–	4,70	0,10	22,4	14,2	52,0	38,0

Примечание: над чертой – целинные, под чертой – пахотные почвы. Здесь и далее: Ск, Сщ – площадь буферности в кислотном и щелочном интервалах.

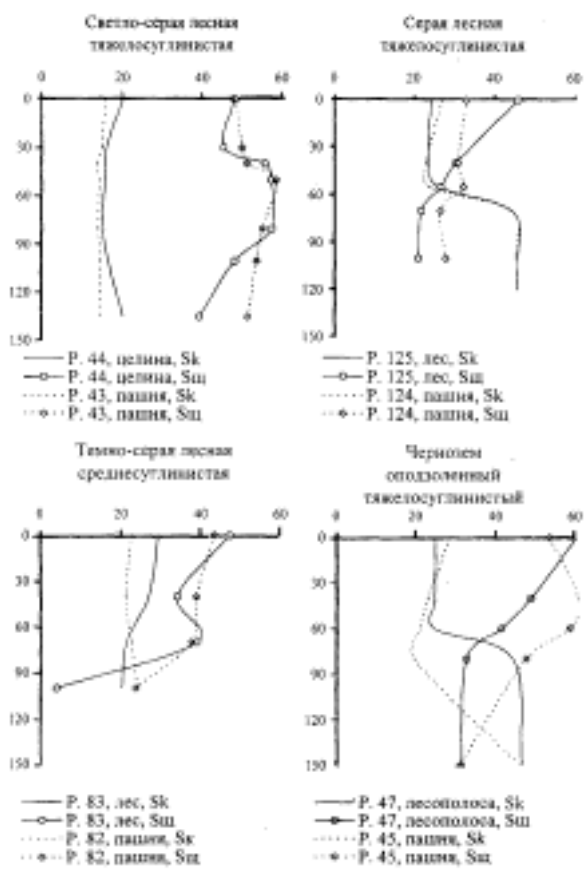
интервале выше у более гумусированных почв. Исследованиями установлено, что между показателями буферности и содержанием гумуса в верхних горизонтах разных типов существует положительная связь ( $r = 0,67$ ) в щелочном интервале, с подвижным же гумусом такая зависимость выражена только в пахотных аналогах.

Вовлечение почвы в сельскохозяйственный оборот оказывает неодинаковое влияние на ее буферные свойства. В исследованном ряду почв на фоне уменьшения гумусированности и содержания поглощенного кальция в пахотных почвах уменьшается их буферность как в кислотном, так и в щелочном интервале, причем этот процесс сильнее выражен в изначально более кислых и легких по механическому составу почвах, в серых лесных, черноземе оподзоленном и черноземе выщелоченном.

Наибольшую устойчивость в кислотном интервале показали все подтипы черноземов, в

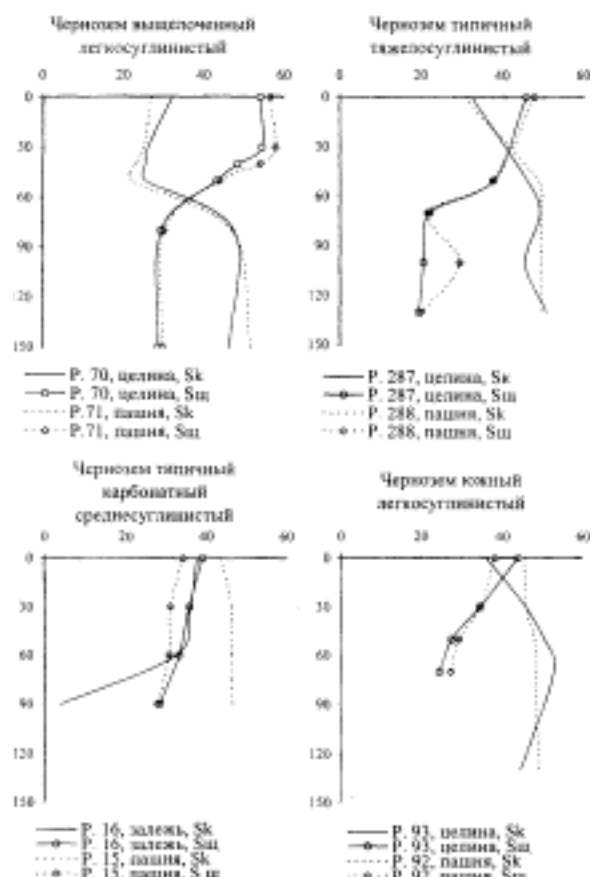
особенности чернозем типичный карбонатный и чернозем южный типичный легкоглинистый, имеющие в своем составе в подстилающих и материнских породах большое количество карбонатов. Здесь площадь буферности в кислотном интервале увеличилась на 6-16 см<sup>2</sup> по сравнению с целинными аналогами.

Поэтому мы сочли целесообразным изучение особенностей изменения кислотно-основной буферности конкретных почв (исходя из данных наших полевых опытов) при внесении разных доз неорганических и органических удобрений и использовании различных способов обработки почвы в совокупности с их физико-химическими свойствами и гумусным состоянием. В связи с поставленными задачами нами изучалось влияние отвальной и безотвальной обработки почвы на фоне удобрений на буферную способность серой лесной почвы и чернозема типичного. Были выявлены особенности изменения буферности в



По оси X – площадь буферности S, см<sup>2</sup>;  
по оси Y – глубина горизонта почвы, см

Рисунок 1а. Кислотно-основная буферная способность зонально-типовых почв



По оси X – площадь буферности S, см<sup>2</sup>;  
по оси Y – глубина горизонта почвы, см

Рисунок 1б. Кислотно-основная буферная способность зонально-типовых почв

кислотно-основном интервале чернозема выщелоченного и чернозема типичного карбонатного при внесении удобрений и сидератов. А также мы определяли кислотно-основную буферную способность серых лесных почв, подверженных техногенному загрязнению сырой нефтью, и при их рекультивации.

Под воздействием растений, обработки и удобрений состав поглощенных оснований и кислотность пахотных почв постоянно меняются, что усиливает важность вопроса обогащения почв доступным кальцием в агротехногенных условиях не только генетически кислых почв, но и черноземных. Дополнительное внесение кальция в почву в последнее время рассматривается и как средство нейтрализации почвенной кислотности, и как существенный фактор оптимизации состояния ППК и ингибитор минерализационных процессов. Например, по данным наших полевых опытов по изучению влияния удобрений при различных способах обработки почвы на физико-химические свойства серой лесной почвы, положительный эффект от известкования по отношению к реакции почвенной среды, отмеченный в первый год после его проведения, проявлялся до конца ротации севооборота (табл. 2). Средние величины

pH водной и солевой суспензий превышали первоначальные величины на 0,7-0,8 единиц pH. В составе поглощенных катионов количество кальция на фоне внесения навоза увеличилось на 5,7-6,3 мг-экв/100 г по сравнению с неизвесткованной почвой, а на фоне чистого и сидерального паров – только на 1,9-3,0 мг-экв/100 г. Известкование серой лесной почвы повысило буферную способность против подкисления в 2-4 раза относительно контроля.

При внесении минеральных удобрений во всех вариантах опыта выявлена тенденция к подкислению водной, солевой суспензий и увеличению гидролитической кислотности, менее выраженная на фоне органических удобрений. Сравнение влияния органических удобрений (навоз и сидераты) на паровых полях показало, что наиболее благоприятные физико-химические условия складываются по унавоженному пару при безотвальной обработке почвы, где достоверно значимо возросло количество обменного кальция, увеличилось значение pH<sub>водн</sub>, уменьшилась гидролитическая кислотность, повысилась буферность к подкислению.

Способы обработки слабо влияли на физико-химические свойства серой лесной почвы, однако отмечена тенденция к увеличению об-

Таблица 2. Изменение буферных свойств серой лесной почвы при известковании и внесении удобрений (слой почвы 0-30 см)

Варианты	pH		Гумус, %	Гумус подв., %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sk	Щц
	водн.	сол.			мг-экв/100 г			
Известкование серой лесной почвы (без минеральных удобрений)								
пар чистый	6,80	5,50	4,10	0,35	20,9	6,7	13,8	38,5
пар унавоженный	6,84	5,79	4,68	0,42	24,8	5,2	19,8	26,5
пар сидеральный	7,09	6,01	4,38	0,41	20,9	6,6	11,0	32,1
без известкования	5,65	4,77	4,74	0,63	19,1	5,3	7,3	39,4
Отвальная обработка. При внесении (NPK)60 и без удобрений								
по чистому пару	6,66	5,92	4,79	0,23	25,1	5,5	24,1	15,1
	6,61	5,62	3,67	0,14	23,9	4,8	14,0	22,5
по унавоженному пару	6,70	6,09	3,70	0,16	25,6	5,5	21,3	11,8
	6,91	6,12	4,23	0,14	25,8	4,6	19,2	21,1
по сидеральному пару	6,56	5,78	4,48	0,30	24,2	4,5	29,0	18,0
	6,78	5,87	4,95	0,35	24,7	4,9	21,7	27,3
Безотвальная обработка. При внесении (NPK)60 и без удобрений								
по чистому пару	6,65	5,71	4,91	0,24	22,3	4,7	15,4	28,0
	6,68	5,63	4,24	0,19	24,0	5,3	11,8	38,6
по унавоженному пару	6,89	6,15	3,68	0,39	24,8	4,9	28,4	20,5
	6,85	5,99	5,29	0,29	24,3	4,6	24,8	24,6
по сидеральному пару	6,71	5,94	5,42	0,45	24,5	5,6	26,4	22,5
	6,83	5,79	4,50	0,27	23,8	5,2	20,8	31,8
Поверхностная обработка. При внесении (NPK)60 и без удобрений								
пар чистый	6,43	5,64	4,64	0,23	23,2	5,1	7,6	21,3
	6,61	5,64	5,09	0,26	23,4	5,0	14,2	33,8

Примечание: над чертой – при внесении (NPK)60; под чертой – без минеральных удобрений

менной и гидролитической кислотности по всем паровым фонам в ряду: отвальная, безотвальная, поверхностная. Так, по унавоженному пару под яровой пшеницей гидролитическая кислотность по этим вариантам соответственно составила в среднем 1,28; 1,98; 2,83, по сидеральному пару – 2,33; 2,70; 3,64 мг-экв/100 г. Такое подкисление происходит в связи с возрастанием содержания углекислого газа в составе почвенного воздуха и в жидкой фазе почвы при минимализации обработки, а также кислыми продуктами трансформации растительных остатков и метаболизма организмов. Это подтверждает и самая низкая буферность в кислотном интервале при поверхностной обработке почвы на фоне (NPK)60. Она оставалась без изменений по сравнению с неизвесткованной почвой и в два раза снизилась в этом интервале относительно контроля. И при отвальной, и при безотвальной обработке почвы произошло увеличение буферности в кислотном плече и ее снижение в щелочном по сравнению с паровыми полями без удобрений. Отмечено, что при безотвальной обработке изменения показателей буферности на фоне органических удобрений показывают повышение общей буферной способности серой лесной почвы. Этот факт хорошо согласуется с отмеченной выше тенденцией к подкислению почвенного раствора в аналогичных условиях, а также с повышением содержания общего гумуса на 12% в пахотных горизонтах и увеличением содержания подвижного гумуса на 20% по сравнению с отвальной обработкой. При внесении минеральных удобрений изменения буферной способно-

сти в щелочном интервале более существенны, из чего следует, что известкование серой лесной почвы будет более эффективным на фоне минеральных удобрений.

Эффективность известкования чернозема выщелоченного на фоне с NPK доказана и в работе Кираева с соавторами [3], где буферная способность чернозема выщелоченного возросла с 48 до 67% и по шкале ее оценки соответствовала высокой пятой группе [4]. На варианте только с NPK для пахотного слоя имеет место снижение площади буферности и соответственно степени буферной способности (на 9%) в кислотном интервале и ее увеличение в щелочном по сравнению с контролем. При внесении навоза (40 т/га) и сидерата (25 т/га) изменение буферности почвы в обоих интервалах менее значительно. Здесь буферная способность снизилась на 6% в кислотном и на 3% – в щелочном относительно неудобренной почвы. Надо заметить, что выщелоченный чернозем в целом обладает высокой степенью буферной способности в щелочном интервале и даже после известкования, унавоживания и сидерации остается максимально стабильным. Незначительное снижение буферной способности почвенно-поглощающего комплекса по отношению к щелочи на фоне известкования связано, по их мнению, с образованием большого количества гидроксильных ионов при диссоциации и гидролизе бикарбоната кальция.

Изучение влияния органических и минеральных удобрений в полевом опыте на черноземе типичном (табл. 3) в течение ротации 6-польного зернопропашного севооборота по-

Таблица 3. Изменение буферных свойств чернозема типичного при внесении удобрений

Варианты	рН <sub>водн</sub>	Гумус, %		Са <sup>2+</sup> мг-экв/100 г почвы	Mg <sup>2+</sup>	Ск	Сщ
		общ.	подв.				
Чернозем типичный. Отвальная обработка.							
Без удобрений	6,7	8,50	0,36	40,3	6,9	35,2	36,0
Навоз, 60 т/га	6,6	8,52	0,37	37,3	6,8	38,5	35,6
Навоз, 10 т/га	6,7	8,56	0,40	35,8	7,0	35,8	42,7
Солома гороха	6,6	8,60	0,43	42,2	7,3	31,9	46,9
Солома пшеницы	6,7	8,56	0,43	34,8	7,2	31,4	47,2
(NPK)60	6,4	8,53	0,39	35,9	8,6	31,2	48,0
Чернозем типичный. Безотвальная обработка							
Без удобрений	6,5	8,58	0,38	32,9	8,8	32,4	45,4
Навоз, 60 т/га	6,6	8,62	0,39	32,2	9,1	33,9	45,7
Навоз, 10 т/га	6,5	8,67	0,42	33,4	9,0	33,7	45,0
Солома гороха	6,6	8,64	0,45	35,0	8,3	34,6	41,2
Солома пшеницы	6,7	8,69	0,46	32,0	7,7	37,6	38,6
(NPK)60	6,3	8,57	0,43	32,5	9,5	37,1	38,2

казало, что внесение как НРК в дозе 60 кг/га, так и органических удобрений в виде пшеничной и гороховой соломы в дозе 3 т/га в зависимости от способа обработки противоположно повлияло на буферную способность в кислотно-основном интервале: при отвальной увеличилась буферность против подщелачивания, при безотвальной – против подкисления.

Наиболее эффективной дозой при отвальной обработке было внесение навоза 60 т/га один раз за ротацию, ежегодное внесение навоза в дозе 10 т/га стабилизировало кислотно-основную буферность чернозема типичного. А на фоне безотвальной обработки самые ощутимые результаты по улучшению буферных свойств чернозема типичного в обоих интервалах наблюдались в варианте с внесением пшеничной соломы в дозе 3 т/га ежегодно и минерального удобрения в дозе 60 кг/га, где емкость буферности в кислотном интервале повысилась на 32-39% соответственно рассматриваемым вариантам, а в щелочном – снизилась на 42% в обоих вариантах. Возможно, это связано с тем, что при отсутствии перемешивания почвы возрастает содержание подвижного гумуса и доля в его составе гуминовых кислот. С другой стороны, известно, что в летний период происходит подъем свободных карбонатов из нижележащих горизонтов, более выраженный при безотвальной обработке почвы, что способствует снижению гидролитической кислотности почвы по сравнению с неудобренным вариантом и согласуется с изменениями кислотно-основной буферности.

Вариант с гороховой соломой в дозе 3 т/га не уступает различным дозам навоза с точки зрения улучшения буферных свойств чернозема типичного, занимая промежуточное положение относительно неудобренного варианта. Дозы навоза как один раз за ротацию севооборота 60 т/га, так и 10 т/га ежегодно при минимализации обработки оказывали на буферность стабилизирующий эффект и по отношению к исходной почве, и по отношению к контрольному варианту.

При применении безотвальной обработки наблюдалась тенденция к увеличению как валового содержания гумуса, так и его подвижной части по сравнению со вспашкой. Корреляцию между общим содержанием гумуса и буферностью наблюдали только в щелочном интервале и при отвальной обработке почвы ( $r=0,69$ ). Из-

менение содержания подвижного гумуса в зависимости от обработки коррелировало с буферностью почвы как в кислотном, так и в щелочном интервале ( $r=0,76-0,85$ ).

Помимо этого произошли изменения в качественном составе подвижного гумуса: повысилось соотношение  $C_{ГК}:C_{ФК}$  при обработке почвы без оборота пласта по сравнению с вспашкой. Вместе с ярко выраженным гуматным типом гумуса исследуемой почвы это свидетельствует о возможности лучшего закрепления в черноземе типичном новообразованных гумусовых веществ, следовательно, и о снижении нерациональных биологических потерь углерода при поступлении в почву навоза и растительных остатков, подтверждением чего является тесная корреляционная связь между валовым содержанием гумуса и групповым составом его подвижной части ( $r=0,94$ ).

Именно лабильная часть почвенного органического вещества наиболее чувствительна к воздействию систем удобрений, агротехнических приемов и играет важную роль в формировании гумусового фонда эффективного плодородия. При использовании органической и минеральной систем удобрения на черноземе типичном карбонатном в течение ротации севооборота также наблюдали некоторое увеличение лабильной части гумуса при внесении зеленых удобрений в комплексе с минеральными [9]. А во фракционно-групповом составе гумуса по сравнению с контролем существенных изменений не произошло. Лишь при использовании минеральной системы удобрения отмечена тенденция уменьшения гуминовых и возрастания фульвокислот к концу ротации севооборота. Внесение навоза и сидерата хотя несколько и увеличивали содержание гуминовых кислот, прироста общего гумуса в пахотном слое чернозема типичного карбонатного при увеличении доз навоза не наблюдали, что подтверждено и равновеликими значениями показателей буферности в кислотно-основном интервале.

Существенных изменений физико-химических свойств чернозема типичного карбонатного (табл. 4) под воздействием удобрений за две ротации 6-польного севооборота также не происходило. Наблюдали незначительное увеличение  $pH_{\text{водн}}$  (на 0,1-0,3 ед.), содержание обменных оснований оставалось на уровне контроля по всем вариантам. На контрольном ва-

рианте к концу второй ротации севооборота емкость буферности уменьшилась в 1,6 раза в кислотном и в 9 раз в щелочном интервалах. Применение минеральных удобрений в дозах N90P60K30, P60K30 и сидерата 25 т/га в начале первой ротации привело к снижению буферной способности в кислотном интервале в 2 раза по сравнению с контролем, и в 2,5-3 раза в щелочном, за исключением варианта с N90P60K30, где буферность к подщелачиванию осталась на уровне контроля. К концу второй ротации севооборота применение только N90P60K30 и только сидерата в дозе 25 т/га способствовало уменьшению емкости буферности в щелочном интервале в 2,5 раза относительно почвы без удобрений. Внесение 60 т/га навоза и сидерата 25 т/га совместно с N90P60K30 привело к увеличению буферности в щелочном же интервале в 3 раза относительно варианта без удобрений к концу второй ротации севооборота. Полученный результат особенно важен с точки зрения улучшения буферных свойств карбонатных черноземов при сельскохозяйственном использовании. То есть здесь очевиден мелиорирующий эффект подкисляющего действия использованных в данных вариантах удобрений на почву.

Другим важным видом антропогенного воздействия, приводящим к ухудшению всего комплекса физико-химических свойств почв,

следовательно, и буферных, является их техногенное загрязнение, в частности нефтепромышленными сточными водами (НСВ) и аварийными разливами сырой нефти. В природных условиях загрязненные НСВ почвы постепенно рассоляются и осолонцовываются. В пахотном горизонте серых лесных почв через несколько лет после техногенного загрязнения (табл. 5) на фоне повышенного содержания водорастворимых солей (0,7%) и очень высокой насыщенности ППК натрием (до 41% от емкости поглощения) происходит сдвиг реакции почвы в щелочную сторону. Буферность против подщелачивания резко снижается (в 2 раза), а в кислотном плече – возрастает (в 2,4 раза). Отмечено, что с уменьшением содержания обменного кальция в 2,5 раза буферная способность почвы снизилась в 2 раза в обоих интервалах. Высокая буферность нефтезагрязненной почвы против подкисления, видимо, обуславливается здесь обменными реакциями замещения  $Ca^{2+}$  на  $Na^+$  в составе ППК, и с увеличением степени осолонцованности почвы она будет возрастать. Подтверждением чего является тесная отрицательная корреляционная связь ( $r = -0,70$ ) между содержанием обменного  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$  [7].

После внесения фосфогипса в соответствии с уменьшением содержания натрия до 17,6% от ЕКО площадь буферности почвы в кислотном

Таблица 4. Буферные свойства чернозема типичного карбонатного при внесении органических и минеральных удобрений

Варианты	рН <sub>водн</sub>	Гумус, %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ск	Сщ	ЕБк	ЕБщ
			мг-экв/100 г почвы		см <sup>2</sup>		мг-экв/100 г почвы	
Чернозем типичный карбонатный. Начало 1 ротации севооборота								
Без удобрений	7,73	6,01	43	4	46,8	29,8	50	1,8
P60K30	7,73	5,93	38	4	45,1	31,8	26	0,5
N90P60K30	7,64	5,81	40	5	45,6	29,0	24	1,7
Навоз 30 т/га	7,81	6,02	41	5	46,2	29,5	45	1,1
навоз 60 т/га	7,74	6,04	42	4	45,9	30,0	30	1,2
Навоз 90 т/га	7,85	5,98	42	4	47,0	29,6	45	1,5
Сидерат 25 т/га	7,76	6,01	41	5	45,4	27,4	25	0,7
Навоз 60 т/га + N90P60K30	7,88	6,26	41	5	45,4	28,8	14	1,0
Сидерат 25 т/га + N90P60K30	7,74	6,18	42	4	45,5	30,5	32	1,4
Чернозем типичный карбонатный. Конец 2 ротации								
Без удобрений	7,86	5,91	40	4	46,6	22,6	32	0,2
P60K30	8,03	5,77	41	4	46,6	26,4	35	0,6
N90P60K30	8,04	5,69	42	4	46,2	22,2	52	0,3
Навоз 30 т/га	8,05	6,18	38	3	46,3	26,1	33	0,6
навоз 60 т/га	8,03	6,09	39	5	47,5	24,5	25	0,5
Навоз 90 т/га	7,98	6,24	40	2	46,4	25,8	30	0,5
Сидерат 25 т/га	8,05	6,07	40	4	46,2	23,2	32	0,3
Навоз 60 т/га + N90P60K30	7,99	6,51	42	4	45,9	27,2	25	0,7
Сидерат 25 т/га + N90P60K30	7,93	6,44	40	4	45,8	27,6	37	0,7

Примечание: ЕБк, ЕБщ – емкость буферности в кислотном и щелочном интервалах.

интервале снижается с 29 до 20 см<sup>2</sup>. В щелочном плече гипсование вызывает увеличение буферной площади с 7,1 до 15 см<sup>2</sup>. Данное повышение буферности к основанию может быть связано как с увеличением подвижного гумуса в 1,5 раза ( $r=0,82$ ), так и значительным повышением гидrolитической кислотности ( $r=0,52$ ). 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 способствовало увеличению площади буферности в кислотном интервале в 4 раза по сравнению с фоновой и в 2,6 раза относительно нерекультивированной. В щелочном интервале также наблюдается значительное повышение буферной способности. Содержание валового гумуса в пахотном слое составило 8,9% против 2,3% в незагрязненной, подвижного 1,04% – против 0,23%. Нужно отметить, что увеличение общего гумуса коррелирует с повышением буферности как в кислотном ( $r=0,88-0,94$ ), так и в щелочном интервале ( $r=0,76-0,82$ ). Итак, при совместном применении фосфогипса и навоза происходит снижение доли обменного натрия в пахотном слое почвы до 10%, а содержания водорастворимых солей – до значений, характерных для незасоленных почв. При этом нейтрализуется щелочность почвенного раствора, улучшается гумусное состояние и повышается общая буферная способность почвы.

Загрязненную сырой нефтью с различными сроками давности (15 и 30 лет) светло-серую лесную почву в целях рекультивации обработали биопрепаратом «Путидойл» из расчета 2,5 кг/га и нитроаммофоской в дозе 0,3 кг/га.

Анализ параметров буферности показал, что в пахотном слое почвы с 30-летней давностью загрязнения при остаточном содержании нефтепродуктов (НП), равном 0,62 г/кг, отмечалась самая низкая площадь буферности в кислотном интервале – 1,62 см<sup>2</sup> против 11,2 см<sup>2</sup> в незагрязненной почве. При этом содержание кальция и магния уменьшилось в 6 раз, а количество обменного натрия достигло 35% от емкости поглощения. Вероятно, резкое уменьшение буферной способности к кислотному воздействию здесь связано также и возрастанием в составе гумуса фульвокислот преимущественно фракции 1а ( $r=0,86$ ).

При меньшей загрязненности почвы НП (0,0062 г/кг) в составе катионов пахотного слоя преобладают кальций и магний, их сумма в 4 раза выше, чем в почве с большим остаточным содержанием НП. Количество обменного натрия снижается до 21%. Гуматность фракционного состава гумуса пахотного слоя ( $C_{ГК}: C_{ФК} = 1,5$ ) возрастает вследствие не столько увеличения содержания гуминовых кислот, сколько уменьшения доли фульвокислот, что также могло способствовать повышению буферной способности к подкислению в данной почве ( $S_k = 3 \text{ см}^2$ ). В подпахотном горизонте потеря органического углерода происходит в основном за счет гуминовых кислот, соотношение  $C_{ГК}: C_{ФК}$  сужается до 0,6.

В пахотном слое почвы, рекультивированной через 15 лет после загрязнения, изменения буферных свойств серой лесной почвы адекватны, но уменьшение буферной способности в кислотном интервале менее существенно, чем в пахотном и подпахотном горизонтах почвы с 30-летней давностью загрязнения. Предполагает-

Таблица 5. Физико-химические свойства и кислотно-основная буферность загрязненной НСВ и сырой нефтью серой лесной почвы при рекультивации

Варианты	рН		Гумус, %		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> , % от ЕКО	Sk	Sщ
	вод.	сол.	общ.	подв.	мг-экв/100 г почвы					
Рекультивация после загрязнения НСВ										
Незагрязненная	6,49	5,55	2,34	0,23	22,5	5,8	—	—	12,5	14,8
Без рекультивации	7,11	6,68	1,81	0,05	8,7	4,8	10,5	41,2	29,6	7,1
Фосфогипс	7,91	5,48	1,65	0,34	16,9	3,8	7,9	17,6	20,1	15,0
Фосфогипс + навоз	6,84	6,47	8,99	1,04	20,0	4,0	3,4	10,4	76,2	20,1
Биорекультивация через 30 и 15 лет после загрязнения сырой нефтью										
Незагрязненная	7,00	5,95	1,41	0,16	12,0	4,0	1,3	6,7	11,2	15,5
30-летнее (сильное)	5,15	4,20	4,70	0,63	2,0	1,0	4,8	33,6	1,62	20,7
30-летнее (слабое)	5,94	4,50	1,53	0,26	8,0	3,0	3,3	21,3	3,0	20,6
Незагрязненная	6,40	4,90	2,56	0,43	10,0	4,0	1,6	8,2	8,5	34,6
15-летнее	5,35	4,25	4,31	0,50	4,5	3,0	3,8	24,5	2,6	41,5



ся, 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 – 0,70 г/кг против 0,62 в почве через 30 лет после загрязнения нефтью.

Значительное уменьшение буферной способности нефтезагрязненных почв (вторично засоленных и осолонцованных) против подкисления свидетельствует, что видимое улучшение гумусного состояния почв после рекультивации связано только с привносом углерода нефти, а не с процессами гумификации.

Таким образом, в систему мероприятий по биологической рекультивации серых лесных почв, загрязненных нефтью, целесообразно включить гипсование наряду с применением минеральных и органических удобрений. А для улучшения буферных свойств типичных черноземов, находящихся в длительном сельскохозяйственном применении, эффективно совместное внесение органических удобрений с минеральными (НРК), дозы которых подбираются строго в зависимости от генетических и зонально-фациальных особенностей почвы. Адекватно происходит и выбор оптимального варианта основной обработки почвы. При этом параметры кислотно-основной буферности почв позволяют выявить качественные изменения, возникающие в физико-химическом состоянии агроэкосистем. А метод НПТ позволяет определить дозу извести (в отличие от графического), необходимую для нейтрализации почвенной кислотности, непосредственно по результатам измерений рН почвенной суспензии при последовательном добавлении к одной и той же навеске почвы (20 г) определенного количества титранта (0,1 н HCl). Количество мл кислоты, соответствующее значению рН, до которого нужно довести (реакцию почвы) реакцию почвенной суспензии, переводят в мг-экв/100 г почвы и далее рассчитывают дозу извести, применяя общеизвестную методику с учетом объемной массы почвы в слое 0-20 см, или 0-30 см в т/га.

### Выводы

1. В ряду зональных почв Республики Башкортостан общей закономерностью является возрастание буферности почв в кислотном интервале с севера на юг с минимальными значения-

ми в светло-серых лесных почвах и максимальными – черноземах типичных карбонатных и южных. Изменение буферной способности почв коррелирует с содержанием гумуса и кислотностью почв. Интенсивное сельскохозяйственное использование земель способствует снижению общей буферной способности почв, при этом уменьшение буферности в кислотном интервале наиболее выражено в серых лесных почвах и черноземах выщелоченных, а в щелочном – черноземах типичных карбонатных и южных.

2. В семипольном зернопаротравяном севообороте известкование серой лесной почвы способствовало увеличению буферности в кислотном интервале в 2-4 раза. Самая низкая буферность в кислотном интервале наблюдалась при поверхностной обработке почвы на фоне (НРК)60. Она оставалась без изменений по сравнению с неизвесткованной почвой и в два раза снизилась в этом интервале относительно контроля. И при отвальной, и при безотвальной обработке почвы произошло увеличение буферности в кислотном плече и ее снижение в щелочном по сравнению с паровыми полями без удобрений. При безотвальной обработке повысилась общая буферная способность серой лесной почвы. При внесении минеральных удобрений изменения буферной способности в щелочном интервале более существенны, из чего следует, что известкование серой лесной почвы будет более эффективным на фоне минеральных удобрений.

3. Типы обработки не оказывают существенного влияния на физико-химические свойства и гумусное состояние чернозема типичного, но его общая буферная способность повышается при внесении минеральных удобрений (НРК)60 и пшеничной соломы в дозе 3 т/га на фоне минимализации обработки почвы и при внесении навоза 60 т/га один раз за ротацию севооборота. При этом кислотно-основная буферность тесно коррелировала с содержанием подвижного гумуса.

4. Применение минеральных удобрений на черноземе типичном карбонатном в дозе N90P60K30, сидерата и навоза стабилизирует общую буферную способность почвы, а внесение 60 т/га навоза и 25 т/га сидерата совместно с N90P60K30 приводит к увеличению емкости буферности в щелочном интервале в три раза, что является важным для улучшения буферных свойств карбонатных черноземов.

5. Загрязнение серой лесной почвы НСВ приводит к резкому возрастанию буферности в кислотном интервале и снижению – в щелочном. При проведении рекультивации с использованием фосфогипса возрастает буферность почвы против подщелачивания, а при дополнительном внесении навоза почва становится более буферной и по отношению к кислотным воздействиям.

6. В процессе биологической рекультивации почв через 30 и 15 лет после загрязнения в условиях ускоренной деструкции сырой нефти вследствие их засоления и осолонцевания уси-

ливается разрушение ППК и сдвиг кислотно-основных условий в сторону резкого ухудшения буферности против подкисления. Снижение буферной способности в кислотном интервале более значительно в почве, рекультивированной через 30 лет после загрязнения и с более высоким остаточным содержанием нефтепродуктов. Изменения буферности в щелочном интервале в целом имеют обратную направленность, но их уровень в техногенных условиях не адекватен изменению буферности против подкисления.

24.06.2010

**Список литературы:**

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринушкина Е.Б. Руководство по химическому анализу почв. Изд. МУ, 1970. 491 с.
3. Кираев Р.С., Хабилов И.К., Чанышев И.О., Абдуллин М.М. Воспроизводство и оптимизация физико-химических свойств лесостепных черноземов Башкортостана. – Уфа: РИО РУНМЦ Госкомнауки РБ, 2000. 236 с.
4. Надточий П.П. Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. 1993. №4. С. 34-39.
5. Назырова Ф.И. Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного // Агрохимия, 2002, №2. С. 5-12.
6. Позняк С.П., Гамкало М.З. Кислотно-основная буферность буроземов Украинских Карпат // Почвоведение, 2001, №6. С. 660-669.
7. Сулейманов Р.Р., Назырова Ф.И. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепромысловыми водами и сырой нефтью // Вестник Оренбургского государственного университета, 2007, №4 (68). С. 133-139.
8. Хабилов И.К., Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х. Устойчивость почвенных процессов. Уфа: Изд. БГАУ, 2001. 326 с.
9. Хазиев Ф.Х., Рамазанов Р.Я., Багаутдинов Ф.Я., Богданов Ф.М. Влияние сельскохозяйственного использования на некоторые свойства чернозема типичного карбонатного // Почвоведение. 1998. №3. С. 328-333.

Сведения об авторах:

**Назырова Ф.И.**, сотрудник лаборатории почвоведения Института биологии УРАН Уфимского НЦ РАН, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. (84372) 355700, Nazyfli@mail.ru

**Гарипов Т.Т.** сотрудник лаборатории почвоведения Института биологии УРАН Уфимского НЦ РАН, кандидат сельскохозяйственных наук

**UDC 63.8:631.415.12:631.445.4**

**Nazyrova F.I., Garipov T.T.**

Institute of Biology of Ufa Research Centre of RAS, Nazyfli@mail.ru

**ACID-BASED BUFFERING OF ZONAL SOIL TYPES IN THE IN THE SOUTHERN URALS AT AGRO TECHNOGENETICS CONDITIONS**

The acid-based buffering capacity of zonal soil types of the Southern Urals (virgin and arable counterparts) is studied in this work. General rule is the increase of buffering against acidification from north to south with the lowest values in light gray forest soils and the maximum - in a typical calcareous and south chernozem. Change of the buffering capacity of soils is correlated with a humus content and acidity of soil. The features of buffering changes in the acid-based interval for agricultural use of soil and oil pollution of soil are revealed.

Keywords: buffering properties of soil.