

**БУФЕРНОСТЬ К ОСНОВАНИЮ ПРИРОДНОЙ И АГРОГЕННО-ИЗМЕНЕННОЙ ТЕМНОГУМУСОВО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЫ ПРИМОРЬЯ**© 2009 г. **Е. Н. Толстоконева, Е. А. Жарикова***Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН,  
690022, Владивосток, Проспект 100-летия Владивостока, 159**e-mail: tolstokoneva@ibss.dvo.ru*

Поступила в редакцию 29.10.2007 г.

Методом равновесного потенциометрического титрования проведены исследования буферности к основанию в природной и агрогенно-измененной темногумусово-глеевой почве Приханкайской равнины. Охарактеризованы основные буферные системы исследуемых почв. Наибольшая буферность к основанию отмечена в гумусовом горизонте природной темногумусово-глеевой почвы, где выявлена корреляция между интенсивностью буферности, обменной, гидролитической кислотностью и содержанием углерода. В агрогенно-измененной почве буферность к основанию уменьшается на порядок.

**ВВЕДЕНИЕ**

На юге Дальнего Востока почвы с повышенной кислотностью составляют около 70% пахотных угодий [17]. Важнейшим приемом снижения их кислотности является известкование, или процесс щелочного воздействия на почву, который во многом зависит от буферной способности почв к основанию. Исходя из этого, была поставлена цель – выявить особенности буферности к основанию природной и агрогенно-измененной темногумусово-глеевой почвы [8], составляющей 16.2% пахотных почв Приморья и широко используемой под культуру риса в пределах Приханкайской низменности, крупного сельскохозяйственного района Приморского края [5, 6].

Исследования взаимодействия кислых почв европейской части России с реагентами щелочной природы позволили выявить основные механизмы буферности и особенности формирования кислотности подзолистых почв [15, 19, 20, 21]. На юге Дальнего Востока России, где развитие почв происходит в условиях ярко выраженного муссонного климата, глубокого сезонного промерзания, сухой холодной весны и высоких летних температур, приходящихся на период интенсивного переувлажнения, такие исследования проводятся впервые.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ**

Для исследования буферности к основанию были выбраны парные разрезы природной и агрогенно-измененной темногумусово-глеевой почвы, залегающей на первой террасе оз. Ханка. В основу щелочной обработки почвы был положен метод равновесного потенциометрического титрования в

присутствии сильного электролита, необходимого для получения четких перегибов на кривых титрования [12, 13]. Навески почвы в трехкратной повторности по 10 г помещали в конические колбы на 100 мл, обрабатывали 1.0 н. раствором  $\text{CaCl}_2$ , приливая в каждую колбу по 25 мл, а затем добавляли возрастающие объемы щелочи  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  от 1 до 12 мэкв на 100 г почвы. В первую колбу щелочь не приливали, она служила для определения рН солевой суспензии. Определения рН проводили через 24 ч. Результаты выражались в виде графиков зависимости  $\text{pH} = f(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ .

Для определения времени установления равновесия при щелочной обработке были взяты образцы трех гумусовых горизонтов природной темногумусово-глеевой почвы с более кислой реакцией среды верхнего горизонта. Первые измерения рН после добавления щелочи фиксировались через 24 ч, последующие проводились один раз в сутки до момента установления стабильных значений рН. Влияние подкисляющего действия углекислого газа устранялось вентилированием колб воздухом без  $\text{CO}_2$ , герметизацией колб с применением поглотителя  $\text{CO}_2$  (аскарид). Кроме того, проводились контрольные измерения рН после кипячения проб.

Буферность оценивалась по изменению количества вещества на изменение рН, условно можно назвать интенсивностью буферности. Интенсивность буферности рассчитывалась по формуле  $\beta = \Delta C / \Delta \text{pH}$ , где  $\Delta C$  – изменение количества вещества на изменение рН при добавлении возрастающих на 1 мэкв, доз щелочи. Полученные данные были представлены в виде зависимости  $\Delta C / \Delta \text{pH} = f(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ . Между интенсивностью буферно-

**Таблица 1.** Физико-химические свойства темногогумусово-глеевой почвы

| Горизонт                   | рН                  |         | Гумус, % | Гидролитическая кислотность | Обменная кислотность |     |        |
|----------------------------|---------------------|---------|----------|-----------------------------|----------------------|-----|--------|
|                            | водный              | солевой |          |                             | Al                   | H   | H + Al |
|                            | мэкв на 100 г почвы |         |          |                             |                      |     |        |
| Природная почва            |                     |         |          |                             |                      |     |        |
| AU                         | 4.91                | 4.12    | 7.65     | 15.2                        | 1.9                  | 2.5 | 4.4    |
| AUB                        | 5.11                | 4.75    | 1.76     | 7.6                         | 0.5                  | 0.8 | 1.3    |
| B1G                        | 5.02                | 4.94    | 0.98     | 3.9                         | 0.2                  | 0.4 | 0.6    |
| B2G                        | 5.14                | 4.52    | 0.41     | 5.7                         | 0.5                  | 0.7 | 1.2    |
| B3G                        | 5.61                | 5.35    | 0.31     | 4.3                         | –                    | 0.4 | 0.4    |
| CG                         | 5.60                | 5.40    | 0.31     | 3.5                         | –                    | 0.2 | 0.2    |
| Агрогенно-измененная почва |                     |         |          |                             |                      |     |        |
| PU                         | 5.41                | 4.71    | 5.07     | 10.3                        | 0.5                  | 1.3 | 1.8    |
| AUB                        | 5.12                | 4.72    | 2.48     | 10.2                        | 0.5                  | 0.8 | 1.3    |
| B1G                        | 5.11                | 4.60    | 1.03     | 7.02                        | 0.5                  | 0.8 | 1.3    |
| B2G                        | 5.50                | 4.94    | 0.72     | 5.01                        | 0.3                  | 0.8 | 1.1    |
| B3G                        | 5.42                | 5.09    | 0.57     | 4.03                        | 0.1                  | 0.7 | 0.8    |
| CG                         | 5.53                | 5.30    | 0.36     | 3.8                         | –                    | 0.7 | 0.7    |

сти и физико-химическими показателями почв выявлялись корреляционные связи [2].

Для количественной оценки способности почв сдерживать подщелачивание был введен показатель буферной способности почв [16], рассчитываемый по соотношению активности ионов водорода до и после обработки почвы щелочью:

$$K_{\text{щел}} = \frac{a_{\text{H}^+}}{a_{\text{H}_2^+}},$$

где  $K_{\text{щел}}$  – величина, показывающая степень изменения реакции среды при щелочном воздействии,  $a_{\text{H}^+}$  – активность ионов водорода рН солевой с 1 н.  $\text{CaCl}_2$ ,  $a_{\text{H}_2^+}$  – активность ионов водорода в почвенной суспензии на фоне 1 н.  $\text{CaCl}_2$  при добавлении возрастающих доз щелочи. Общая буферная способность почв  $K_{\text{щел}}_{12\text{мэкв}}$  оценивалась по дозе щелочи 12 мэкв. Полученные результаты были выражены в виде графиков зависимости

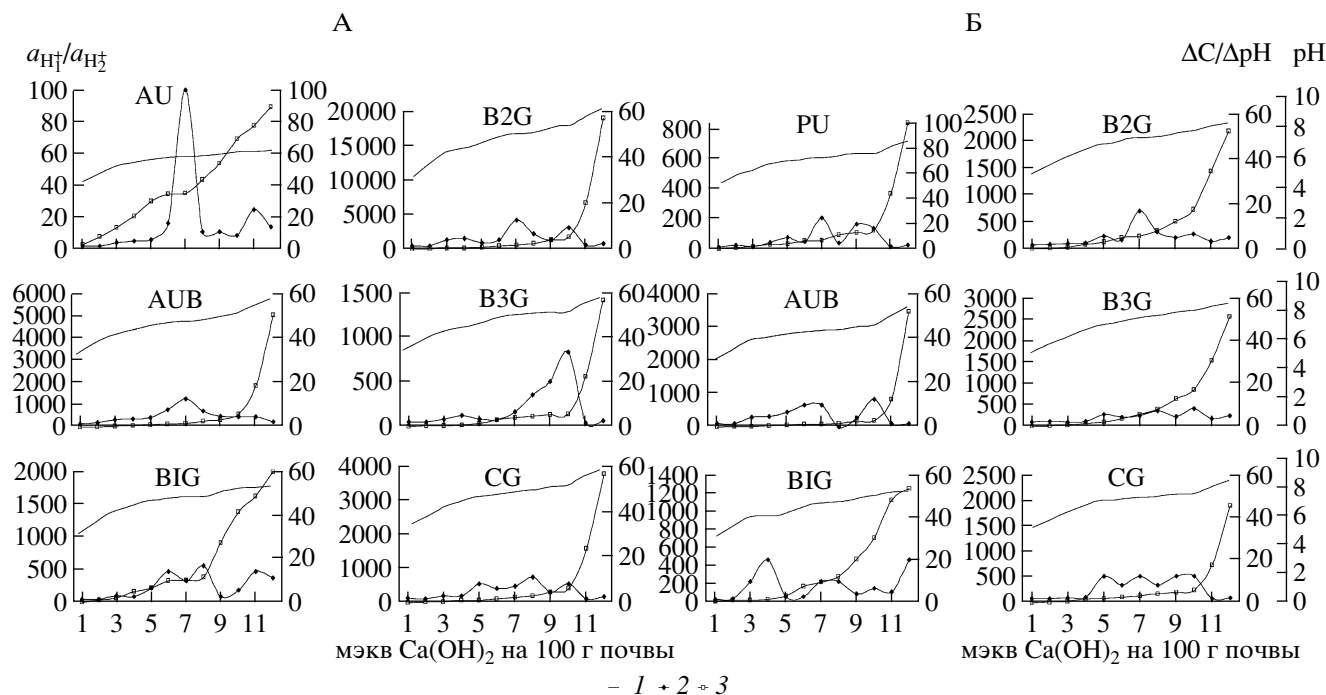
$$a_{\text{H}^+}/a_{\text{H}_2^+} = f(\text{Ca}(\text{OH})_2).$$

Для химической характеристики почв определялась обменная и гидролитическая кислотность, гумус, рН водный и солевой по общепринятым методикам [1]. Фракционный состав гумуса определялся по Пономаревой с соавт. [11]. Интерпретация результатов потенциометрического титрования проведена по данным о константах диссоциации кислотных группировок и механизмах буферности, которые приводятся в литературе [3, 9, 14, 18–21].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Темногогумусово-глеевая почва имеет атмосферно-грунтовой тип водного питания. В верхних слоях окислительная обстановка периодически резко сменяется восстановительной, колебания Eh от – 150 до 675 мВ, в нижних, где доминируют восстановительные условия – от 200 до 475 мВ [4]. Эти особенности окислительно-восстановительного режима способствуют интенсивному развитию процессов поверхностного оглеения и формируют характерный для темногогумусово-глеевой почвы профиль – в природной почве гумусовый горизонт мощностью до 22 см, черного цвета с ржавыми пятнами оглеения, густо переплетенный корнями, комковатозернистой структуры, в агрогенно-измененной почве – гумусовый горизонт мощностью до 25 см, темно-го цвета, комковатой структуры. Переходный горизонт имеет мощность до 20 см, темно-бурого цвета, комковато-глыбистой структуры. Иллювиальный горизонт достигает мощности 90 см, сизо-охристо цвета и подразделяется на подгоризонты от черно-бурого до охристо-темнобурого с икрянистой структурой. Почвообразующая порода сизого цвета, комковато-ореховатой структуры, липкая, глинистая.

Содержание гумуса в верхнем горизонте природной и агрогенно-измененной темногогумусово-глеевой почвы колеблется соответственно в пределах 5.07–7.65%, характер его убывания вниз по профилю от постепенного до резкого. Реакция почв кислая или слабокислая в верхних горизонтах и слабокислая в нижних (табл. 1).



Кривые зависимости pH (1), интенсивности буферности (2) и соотношения активности ионов водорода (3) природной (А) и агрогенно-измененной (Б) темногоумусово-глеевой почв от количества добавленной в почвенную систему щелочи.

В литературе отмечается, что буферность к основанию солевой суспензии формируется, в основном, за счет тех же реакций и механизмов, которые контролируют буферность водных и солевых вытяжек [15]. Учитывая, что твердые фазы почвы находятся в тесном взаимодействии с почвенным раствором, буферность солевой суспензии нами рассматривалась как характеристика, достаточная для первоначальных исследований буферности почв к основанию.

Действие буферных систем проявляется в замедленном изменении реакции среды. На кривых зависимости  $pH = f(Ca(OH)_2)$  – это пологие участки, максимумы буферности, по которым определяются области значений pH, позволяющие выявить преобладание той или иной буферной системы. Кривые зависимости  $\Delta C/\Delta pH = f(Ca(OH)_2)$  более информативны, они позволяют более точно определить pH буферных максимумов.

В природной темногоумусово-глеевой почве гор. AU было отмечено два максимума буферности. Более выраженный при pH 5.67 и дозе щелочи 7 мэкв (рисунок, А) может определяться обменной кислотностью ( $r = 0.97, P_{0.99}$ ), гидролитической кислотностью ( $r = 0.96, P_{0.99}$ ) и С орг ( $r = 0.99, P_{0.999}$ ). При анализе pH буферных максимумов были выявлены наиболее вероятные буферные реакции: депротонирование карбоксильных функциональных групп, органических комплексов алюминия, поверхностных гидроксидов на сколах глинистых минералов,

смесей гидроксидов и гидратированных оксидов, а также реакции буферной системы углекислота–бикарбонат (табл. 2). На кривой зависимости  $a_{H^+}/a_{H_2O} = f(Ca(OH)_2)$  гор. AU наиболее пологие участки проявились при дозе щелочи 5–7 мэкв, что практически соответствует максимумам буферности на графике  $\Delta C/\Delta pH = f(Ca(OH)_2)$ .

В агрогенно-измененной темногоумусово-глеевой почве на кривой зависимости  $\Delta C/\Delta pH = f(Ca(OH)_2)$  в гор. PU проявилось два максимума буферности небольшой интенсивности, с pH 6.5 и 6.75, слабо коррелирующих с С орг ( $r = 0.78, P_{0.99}$ ) (рисунок, Б). Значимой корреляции с обменной и гидролитической кислотностью не наблюдалось. Зависимость  $a_{H^+}/a_{H_2O} = f(Ca(OH)_2)$  соответствовала максимумам буферности, где возможными буферными реакциями могут быть реакции депротонирования карбоксильных функциональных групп, поверхностных гидроксидов глинистых минералов, смесей гидроксидов и гидратированных оксидов, а также реакции буферной системы углекислота–бикарбонат. В отличие от гор. AU отсутствовало действие органических комплексов алюминия. Общая буферная способность  $K_{щел.12мэкв}$  в гор. PU была на порядок ниже, чем в гор. AU (табл. 2).

Вниз по профилю темногоумусово-глеевой почвы, как природной, так и агрогенно-измененной, на кривых зависимости  $pH = f(Ca(OH)_2)$  про-

**Таблица 2.** Возможные буферные реакции (+) темногумусово-глеевой почвы

| Буферные реакции                                                            | рН буферных максимумов     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|                                                                             | природная почва            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                                                                             | AU                         |      | AUB  | B1G  |      |      | B2G  |      | B3G  | CG   |      |     |
|                                                                             | 5.67                       | 6.0  | 6.96 | 7.46 | 7.53 | 8.15 | 7.25 | 7.76 | 7.9  | 7.69 | 8.02 |     |
| $Al(OH)_3^0 \rightleftharpoons Al(OH)_4^- \rightleftharpoons Al(OH)_5^{2-}$ |                            |      |      |      |      | +    |      |      | +    |      | +    |     |
| Органические комплексы алюминия                                             | +                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| Гидрохсокомплексы алюминия и полимеры                                       | +                          | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| * – $COOH + OH^- \rightleftharpoons -COO^- + H_2O$                          | +                          | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| ** – $AlOH \rightleftharpoons AlO^- + H^+$                                  | +                          | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |     |
| *** – $OH \rightleftharpoons -O^- + H^+$                                    |                            | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |     |
| $H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$                                    | +                          | +    | +    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| $-HCO_3^- \rightleftharpoons CaCO_3$                                        |                            |      |      | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |     |
|                                                                             | агрогенно-измененная почва |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                                                                             | PU                         |      | AUB  |      | B1G  |      | B2G  | B3G  |      | CG   |      |     |
|                                                                             | 6.5                        | 6.75 | 6.6  | 7.03 | 6.05 | 6.95 | 7.32 | 7.69 | 8.02 | 7.2  | 7.4  | 7.6 |
| $Al(OH)_3^0 \rightleftharpoons Al(OH)_4^- \rightleftharpoons Al(OH)_5^{2-}$ |                            |      |      |      |      |      |      |      | +    |      |      |     |
| Гидрохсокомплексы алюминия и полимеры                                       | +                          | +    | +    |      | +    | +    |      |      |      |      |      |     |
| * – $COOH + OH^- \rightleftharpoons -COO^- + H_2O$                          | +                          | +    | +    |      | +    | +    |      |      |      |      |      |     |
| ** – $AlOH \rightleftharpoons AlO^- + H^+$                                  | +                          | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +   |
| *** – $OH \rightleftharpoons -O^- + H^+$                                    | +                          | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +   |
| $H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$                                    | +                          | +    | +    | +    | +    | +    |      |      |      |      |      |     |
| $-HCO_3^- \rightleftharpoons CaCO_3$                                        |                            |      |      |      |      |      | +    | +    | +    | +    | +    | +   |

\* Кислотные группы гумуса.

\*\* Глины.

\*\*\* Смеси гидроксидов и гидратированных оксидов.

являлось несколько перегибов, причем в агрогенно-измененной почве их было больше. На графике  $\Delta C/\Delta pH = f(Ca(OH)_2)$  максимумы буферности были менее выражены, чем в органогенных горизонтах, что свидетельствует о более низкой буферной способности минеральной почвенной толщи.

В переходном гор. AUB в максимумах буферности наиболее вероятными буферными реакциями могут быть депротонирование карбоксильных функциональных групп, поверхностных гидроксидов глинистых минералов, смесей гидроксидов и гидратированных оксидов, а также реакции буферной системы углекислота–бикарбонат. В агрогенно-измененной темногумусово-глеевой почве при  $pH > 7$  может происходить депротонирование поверхностных гидроксидов глинистых минералов, смесей гидроксидов и гидратированных оксидов и действовать буферная система бикарбонат–кар-

бонат. В иллювиальных горизонтах буферного действия карбоксильных функциональных групп не наблюдалось, возможны буферные реакции депротонирования слабых гидроксильных групп гумусовых кислот, поверхностных гидроксидов глинистых минералов, смесей гидроксидов и гидратированных оксидов и действие буферной системы бикарбонат–карбонат. В гор. B1G и CG при  $pH > 8$  проявлялась буферность  $Al(OH)_3^0$ . Таким образом, в более восстановленных условиях нижней части почвенного профиля природной и агрогенно-измененной темногумусово-глеевой почвы, с уменьшением степени кислотности почв в реакции нейтрализации вероятнее всего участвовали более слабые кислотные группировки глинистых минералов, гумусовых кислот, гидроксид алюминия и буферная система карбонат–бикарбонат.

**Таблица 3.** Фракционный состав гумуса темногумусово-глеевой почвы

| Горизонт | Глубина, см | C, % | Гуминовые кислоты |     |     |      | Фульвокислоты |     |     |     |      | 1 н. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | ГК + ФК | Нерастворимый осадок | С гк/С фк |
|----------|-------------|------|-------------------|-----|-----|------|---------------|-----|-----|-----|------|-------------------------------------|---------|----------------------|-----------|
|          |             |      | 1                 | 2   | 3   | Σ    | 1а            | 1   | 2   | 3   | Σ    |                                     |         |                      |           |
| AU       | 0–22        | 4.44 | 9.7               | 7.3 | 8.1 | 25.1 | 5.4           | 9.6 | 5.6 | 5.1 | 25.7 | 8.2                                 | 50.8    | 49.2                 | 0.9       |
| AUB      | 22–40       | 1.02 | 7.8               | 5.2 | 7.9 | 20.9 | 8.1           | 6.4 | 6.1 | 4.9 | 25.5 | 9.1                                 | 46.4    | 53.6                 | 0.8       |
| B1G      | 40–62       | 0.57 | 7.4               | 4.9 | 6.8 | 18.1 | 8.6           | 6.0 | 6.9 | 5.4 | 26.9 | 10.7                                | 45.0    | 55.0                 | 0.7       |
| B2G      | 62–90       | 0.24 | 7.2               | 4.7 | 5.6 | 17.5 | 9.4           | 3.8 | 4.9 | 8.5 | 32.6 | 11.3                                | 40.1    | 59.9                 | 0.8       |

При анализе общей буферной способности  $K_{щел12мэкв}$  более контрастные различия по почвенному профилю были выявлены в природной темногумусово-глеевой почве, где в гор. AU она была на порядок выше, чем в нижележащих горизонтах, в агрогенно-измененной почве эти различия были более сглаженными. Наибольшая буферная способность была выявлена в гор. PU, в переходном гор. AUB она резко уменьшалась, и в иллювиальных горизонтах вниз по профилю почв снова возрастала.

Наибольшая интенсивность буферности была отмечена в гор. AU природной темногумусово-глеевой почвы, в гор. PU агрогенно-измененной почвы она снижалась в несколько раз. В нижележащих минеральных горизонтах исследуемых почв интенсивность буферности была значительно слабее.

Коллоидная часть является самой крупной буферной системой почв, важную роль в регулировании реакции среды играют гумусовые кислоты. Высокую буферность гумуса связывают с большой емкостью катионного обмена, составляющую от 20 до 70% катионного обмена почв, или 500–900 мэкв для гуминовых кислот, тогда как емкость катионного обмена глинистых минералов в зависимости от степени дисперсности и количества отрицательных зарядов поверхности находится в пределах от 2 до 250 мэкв. В гуминовых и фульвокислотах содержится более десяти функциональных групп, причем в фульвокислотах их содержание выше. Основное участие в реакциях нейтрализации щелочи могут принимать кислородсодержащие группы, карбоксильные и фенольные гидроксилы свободных гумусовых кислот [9, 10, 25]. Анализ фракционного состава гумусовых кислот природной темногумусово-глеевой почвы показал преобладание в группе гуминовых кислот фракции 1, свободной и связанной с подвижными полуторными оксидами, далее следует фракция 3 и, связанная с кальцием, фракция 2 (табл. 3). Общее содержание гуминовых кислот достигает максимального значения в гумусовом горизонте. Вниз по профилю их содержание резко уменьшается. Максимальное количество

фульвокислот, среди которых преобладали фракции 1 и 1а, находилось в иллювиальном горизонте. Наибольшее содержание свободной фракции было отмечено в гумусовом горизонте. Содержание фульвокислот, прочно связанных с труднорастворимыми формами оксидов и гидроксидов Fe и Al, увеличивалось вниз по профилю. Нерастворимый осадок составил 49.2–59.9%. Максимальное значение его в иллювиальном горизонте объясняется тем, что здесь гумусовые вещества прочно связаны с минеральной частью почв, в том числе и с оксидами железа. Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам имело наибольшую величину в гумусовом горизонте, вниз по профилю оно уменьшалось и достигало минимального значения в почвообразующей породе. При выявлении влияния отдельных фракций гуминовых кислот темногумусово-глеевой почвы на буферность почв к основанию значимая корреляция максимумов интенсивности буферности была отмечена с фракцией ГК1 ( $r = 0.98, P_{0.99}$ ) и суммой гуминовых кислот, ( $r = 0.95, P_{0.99}$ ), меньшая – с фракцией ФК1 ( $r = 0.89, P_{0.95}$ ) в гор. AU, AUB и B1G. Таким образом, из всех фракций гумусовых кислот наибольшее участие в формировании буферности могут принимать фракции ГК1, ФК1 и сумма гуминовых кислот.

Одновременно с исследованием буферности почв к основанию изучалось время установления равновесия при щелочной обработке почвы. Были исследованы разрезы гумусового горизонта трех почвенных разрезов темногумусово-глеевой почвы с сильноокислой реакцией среды. Почву обрабатывались возрастающими дозами щелочи, максимальная соответствовала 2ГидрК (гидролитическая кислотность) по фону с 1 н. CaCl<sub>2</sub>. Было установлено, что уровень реакции среды, установившийся через 24 ч, снижался в течение 4 суток, затем стабилизировался. Количество высвобождающихся протонов, в мэкв [H<sup>+</sup>] на 100 г почвы, учитывали по разнице между значениями гидролитической кислотности, найденными по кривой зависимости  $pH = f(Ca(OH)_2)$ , полученной через сутки при pH 7.0, и после стабилизации кислотно-основного равновесия (табл. 4).

**Таблица 4.** Установление кислотно-основного равновесия гумусового горизонта темногумусово-глеевой почвы при щелочной обработке

| рН <sub>сол</sub> | рН      |         | ГидрК, мэкв на 100 г почвы, |         | $\Delta [H^+]$ , мэкв на 100 г почвы | $k^*$ | $\Delta pH$ |
|-------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|--------------------------------------|-------|-------------|
|                   | 1 сутки | 4 сутки | 1 сутки                     | 4 сутки |                                      |       |             |
| 3.7               | 9.0     | 7.4     | 22.3                        | 29.2    | 6.9                                  | 1.3   | 1.6         |
| 3.5               | 8.6     | 7.0     | 19.3                        | 33.5    | 14.2                                 | 1.7   | 1.6         |
| 3.1               | 8.9     | 7.4     | 41.6                        | 54.4    | 12.8                                 | 1.3   | 1.5         |

\* Соотношение  $[H^+]$ , мэкв на 100 г, при рН 7.0 (4 сут и 1 сут).

Изучение периода стабилизации кислотно-основного равновесия представляет интерес при расчете доз извести по кривым буферности и прогнозе изменения реакции среды при известковании почв. Соотношение кислотности, определяемой на четвертые сутки, и через сутки показало увеличение кислотности в 1.3–1.7 раза и, соответственно, возрастание доз извести для ее нейтрализации. В мировой практике при выборе буферных методов для определения фактической потребности почв в известковании, их сравнивают с результатами, полученными методом инкубирования с различными дозами  $CaCO_3$ , учитывающим время установления равновесия, почвенные свойства и буферную способность почв [22, 23, 24].

Таким образом, на результаты определения рН при щелочной обработке влияет концентрация раствора и время его взаимодействия с почвой. Чем выше рН раствора, тем больше период, в течение которого уравнивается концентрация гидроксид-ионов и ионов водорода. Снижение уровня реакции почвенной среды можно объяснить тем, что при повышении рН до нейтральных и щелочных значений начинается диссоциация слабых кислотных группировок, появляется дополнительное количество протонов, что и ведет к обратимости процессов обмена [9, 10].

Проведенные исследования показали, что освоение природной темногумусово-глеевой почвы низкой террасы оз. Ханка приводит к снижению буферности к основанию. Вероятно, это связано с тем, что при окультуривании почвы после известкования и применения минеральных удобрений изменяется катионно-анионный состав почвенного поглощающего комплекса, увеличивается содержание обменных форм кальция и магния, уменьшается содержание гумуса, снижается содержание алюминия и водорода [7]. Разработка научно-обоснованных доз внесения известкового материала для оптимизации почвенной среды темногумусово-глеевой почвы должна учитывать особенности процесса взаимодействия щелочи с почвой и ее буферность к основанию.

## ВЫВОДЫ

1. Наибольшая буферность к основанию проявлялась в гумусовом горизонте природной темногумусово-глеевой почвы, где выявлена корреляция между интенсивностью буферности, обменной, гидролитической кислотностью и содержанием углерода. Буферными компонентами гор. АУ могут быть карбоксильные функциональные группы, органические комплексы алюминия, поверхностные гидроксиды глинистых минералов, смеси гидроксидов и гидратированных оксидов, а также буферная система уголекислота–бикарбонат.

2. Освоение природной темногумусово-глеевой почвы низкой террасы оз. Ханка под пашню снижает ее буферность к основанию на порядок, наиболее значимые изменения происходили в гор. РУ, где проявилось буферное действие тех же кислотных компонентов, что и в гумусовом горизонте природной почвы, за исключением органических комплексов алюминия.

3. С уменьшением степени кислотности вниз по профилю в реакцию нейтрализации вступали поверхностные гидроксиды глинистых минералов и гидроксилы гумусовых кислот с характером слабой кислоты, гидроксид алюминия и буферная система бикарбонат–карбонат.

4. При щелочной обработке природной темногумусово-глеевой почвы стабилизация кислотно-основного равновесия в гор. АУ произошла на четвертые сутки. При этом наблюдалось снижение уровня рН, установившего через сутки, за счет дополнительных протонов, высвобождающихся при диссоциации слабых кислотных группировок в условиях увеличения рН среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 136 с.
3. Иванова С.Е., Соколова Т.А., Лукьянова О.Н. Развитие работ А.А. Роде по изучению лесных подзолистых почв методом потенциометрического титрования в связи с проблемой изменения почв под

- влиянием кислых осадков // Почвоведение. 1996. № 5. С. 620–629.
4. Костенков Н.М. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения. М.: Наука, 1987. 192 с.
  5. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Почвы и почвенные ресурсы юга Дальнего Востока и их оценка // Почвоведение. 2006. № 5. С. 517–526.
  6. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Жарикова Е.А., Толстоконева Е.Н., Травин В.А. Кадастровая оценка земель Приморского края // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 3. С. 47–51.
  7. Костенков Н.М., Толстоконева Е.Н. Щелочно-кислотные условия и буферность почв с переменным режимом увлажнения // Почвенный покров Дальнего Востока, проблемы его эффективного использования, мелиорации и охраны. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 99–111.
  8. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
  9. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 325 с.
  10. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 376 с.
  11. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л., 1980.
  12. Понизовский А.А., Пампура Т.В. Применение метода потенциометрического титрования для характеристики буферной способности почв // Почвоведение. 1993. № 3. С. 106–114.
  13. Ремезов Н.П. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв. М., 1957. 224 с.
  14. Соколова И.С., Мотузова Г.В., Малинина М.С., Обуховская Т.Д. Химические основы буферности почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 108 с.
  15. Соколова Т.А., Пахомов А.П., Терехин В.Г. // Изучение кислотно-основной буферности подзолистых почв методом непрерывного потенциометрического титрования // Почвоведение. 1993. № 7. С. 97–106.
  16. Толстоконева Е.Н. Буферность равнинных почв юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2005. 112 с.
  17. Федчун А.А. Повышение плодородия кислых почв юга Дальнего Востока. Владивосток, 1998. 117 с.
  18. Филеп Д., Рэдди М. Формы кислотности и кислотно-основная буферность почв // Почвоведение. 1989. № 12. С. 48–59.
  19. Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В. Кислотно-основная буферность органогенных горизонтов подзолистых и болотно-подзолистых почв республики Коми // Почвоведение. 2003. № 7. С. 797–807.
  20. Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В. Формы кислотности и буферность к основанию в минеральных горизонтах подзолистых и болотно-подзолистых почв северо-востока европейской России // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1075–1084.
  21. Шамрикова Е.В. Влияние степени гидроморфизма подзолистых почв на их кислотно-основную буферность // Научн. доклады уральского отделения Коми науч. центр. Вып. 405. Сыктывкар, 1998. 28 с.
  22. Barrow N.J., Cox V.C. A quick and simple method for determining the titration curve and estimating the lime requirement of soil // Australian J. of Soil Research. 1990. V. 28. P. 685–695.
  23. Machacha S. Comparison of laboratory pH buffer methods for predicting lime requirement for acidic soils of eastern botswana // Communications in Soil Science And Plant Analysis. 2004. V. 35. Nos. 17&18. P. 2675–2687.
  24. Shoemaker H.E., McLean E.O., Pratt P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of soluble aluminum // Soil Science Society of American Proceedings. 1961. V. 25. P. 274–277.
  25. Stevenson F.J. Humus Chemistry. New York, 1982. 443 p.