

**THE ROLE OF ORGANIC FERTILIZERS AND LIMING  
IN THE FORMATION OF THE STRUCTURAL STATE AND ANTI-EROSION  
RESISTANCE OF SOD-PODZOLIC ERODED SOILS DEVELOPING  
ON LOESS LIKE LOAMS**

**V. B. Tsyrybka, M. M. Tsybulka, H. M. Ustsinava, I. A. Lahachou,  
I. I. Kasyanenko, A. V. Yukhnovets, A. A. Mitskova**

**Summary**

The article presents the results of studies of the influence of organic fertilizer and liming on the structure and water resistance of sod-podzolic light loamy soils subject to erosion degradation. The positive effect of the applying of organic fertilizers on the values of these indicators was established. The average statistical dependences ( $r = 0,67$ ) between the content of agronomical valuable aggregates and the water resistance of the soil with the content of humus in it were revealed.

*Паступіла 01.04.2020*

УДК 631.4

**К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-  
ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ НА МОЩНЫХ  
ЛЕССОВИДНЫХ ЛЕГКИХ СУГЛИНКАХ, К АГРОГЕННЫМ  
ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

**С. В. Дыдышко, Т. Н. Азаренок**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

**ВВЕДЕНИЕ**

Вопросы антропогенной трансформации почв и почвенного покрова являются одними из приоритетных для почвенно-агрохимических исследований. Им посвящено большое количество научных работ, преимущественно исследователей ближнего и дальнего зарубежья, затрагивающих различные стороны трансформации состава и свойств, производительной способности и балльной оценки, оптимизации питательного режима. На территории республики отдельные стороны этой проблемы, а также вопросы устойчивости самых плодородных в республике – дерново-подзолистых легкосуглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных отложениях, к последствиям антропогенных воздействий (длительного сельскохозяйственного использования) остаются малоизученными, особенно на региональном уровне. Наряду с имеющимися в республике опытными данными по изучению исследуемых почв, не менее важны сведения о показателях состава и свойств почв рабочих участков землепользователей. И для экологически безопасного производства растениеводческой продукции, обес-

печения продовольственной безопасности страны в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства требуется тщательное изучение состава и свойств почв, на основании которых должны быть разработаны и реализованы практические мероприятия, направленные на борьбу с дегумификацией почв, на сохранение и повышение плодородия почв, на предотвращение развития процессов подкисления.

В республике существуют немногочисленные публикации, в которых в качестве критериев устойчивости дерново-подзолистых почв предложены показатели общего содержания гумуса, отдельные показатели гранулометрического и минералогического состава [1], физико-химических и водно-физических свойств [2, 3]. Системные же сведения о характере трансформации дерново-подзолистых почв, критериях их устойчивости к агрогенным воздействиям, согласно которым можно объективно оценить их агроэкологическое состояние, мало изучены.

Устойчивость почв к внешним воздействиям зависит как от состояния самой почвы, так и от ее динамических свойств и вещественного состава. Основными показателями, определяющими саморегуляцию и устойчивость почв, являются значения соотношения гранулометрических фракций, связь этих фракций с другими важнейшими элементами почвенной системы, в частности, с гумусом почвы. Анализ публикаций, связанных с проблемой оценки взаимосвязи гранулометрического состава и гумусности почв, показал, что в большинстве случаев обнаруживается высокая степень зависимости между содержанием гумуса и количеством физической глины в почвах [4–7]. Среди фракций физической глины наиболее важное значение для плодородия почв имеет илистая фракция, состоящая на 55–90 % из органического вещества [8]. Несмотря на то что содержание физической глины в почвах различной степени агрогенной трансформации находится на одном уровне, распределения ила и пылеватых фракций в них значительно различаются, существенно изменяя ее качественный состав, количество и качественный состав гумуса и, следовательно, уровень потенциального плодородия почв. Кроме того, в условиях постоянного агрогенного воздействия неизбежно изменение кислотно-основных свойств, что в конечном итоге отражается и на продуктивности сельскохозяйственных культур.

Поэтому исследования по комплексному изучению взаимосвязей гумусного состояния и гранулометрического состава, кислотно-основных свойств почв являются актуальными и указывают на необходимость поиска новых методов оценки степени их устойчивости.

Цель наших исследований – установить степень устойчивости дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени антропогенной трансформации к длительным агрогенным воздействиям на основании количественных критериев гумус-гранулометрических отношений, показателей кислотно-основной буферности.

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В качестве объектов исследований были выбраны естественные и пахотные дерново-палево-подзолистые почвы разной степени агрогенной трансформации, сформировавшиеся на мощных лессовидных легких суглинках. Катены залеже-

ны в почвенно-экологических районах с широким распространением этих почв – Ошмянско-Минском и Оршанско-Мстиславском:

I – катена, характеризующая дерново-палево-подзолистые окультуренные почвы суглинистого гранулометрического состава (разрезы 6–17 и 9–17) и их среднеэродированный аналог (разрез 7–17), заложена на пахотных землях ОАО «Гастелловское» Минского района, а естественный аналог (разрез 8–17), принятый за «нулевую точку отсчета» – в лесу на территории ГЛХУ «Минский лесхоз» Минского района Минской области;

II – катена, характеризующая дерново-палево-подзолистые окультуренные почвы суглинистого гранулометрического состава (разрезы 13–17 и 17–17) и их среднеэродированный аналог (разрез 16–17), заложена на пахотных землях СПК «Знамя труда» Мстиславского района, а естественный аналог (разрез 12–17), принятый за «нулевую точку отсчета» – в лесу на территории ГЛХУ «Горецкий лесхоз» Мстиславского района Могилевской области.

Определение содержания общего гумуса в почвах проведено по методике И. В. Тюрина (ГОСТ 26213–91) [9–10], гранулометрического состава – методом пипетки по Н. А. Качинскому с диспергацией почвенных частиц растиранием пирофосфатом натрия. Применение данного лабораторного метода для определения гранулометрического состава исследуемых почв является экономичным, малозатратным по времени и доступным в практическом использовании.

Для выявления гумус-гранулометрических взаимосвязей и классификации исследуемых почв по содержанию физической глины и насыщенности физической глины илом/пылью в зависимости от преобладающей фракции использована методика В. С. Крыщенко [6]. Выполнены расчеты следующих показателей: базовое значение ила ( $a_{dt}$ , %) и пыли ( $b_{dt}$ , %) в физической глине, насыщенность физической глины илом/пылью ( $V_a/V_b$ , %), константы динамического равновесия ( $K_a/K_b$ ), содержание гумуса в почве ( $y_r$ , %) и в физической глине ( $x_p$ , %) и насыщенность физической глины гумусом ( $W$ , %). Формулы для расчета вышеперечисленных показателей приведены в предыдущей публикации [11].

Определение кислотно-основной буферности исследуемых почв проводили по методу Аррениуса [12] по 8 почвенным разрезам в 5-кратной повторности (40 почвенных горизонтов и кварцевый песок).

Показатели естественной степени буферной способности ( $ВБС_e$ ) рассчитаны по формуле [13]:

$$ВБС_e = \frac{S_n}{S_1} \cdot 100,$$

где  $S_n$  – площадь буферности исследуемого образца, см<sup>2</sup>;  $S_1$  – площадь буферности эталона (кварцевого песка), см<sup>2</sup>.

Для оценки исследуемых почв по степени естественной буферной способности использована шкала, разработанная П. П. Надточим [13].

Определение емкости катионного обмена (ЕКО) проведено по ГОСТ 17.4.4.01-84. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена [14].

Для оценки трансформации свойств дерново-палево-подзолистых почв в результате развития процессов агрогенеза применен методический подход,

разработанный в секторе агропочвоведения, цифрового картографирования и оценки почв [3]. Основными показателями для установления степени устойчивости почв к агрогенным воздействиям явились критерии, основанные на гумус-гранулометрических отношениях, показатели буферности в кислотном и щелочном интервалах и емкости катионного обмена. Коэффициенты устойчивости почв (КУП) по каждому из полученных критериев определялись по формуле [3]:

$$\text{КУП} = \frac{\sum \text{показателей классов}}{n} - (n - 1),$$

где  $n$  – количество используемых классов.

Исследования выполнены с применением следующих методов: рядов антропогенных изменений почв, сравнительного, аналитического, сравнительно-аналитического и метода экспертных оценок. Обработка данных выполнена с помощью «Пакета анализа Microsoft Excel».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании гумус-гранулометрических отношений показатели условно разделяются на два блока [6]: первый характеризует гранулометрические фракции почвенных образцов, второй – их гумусированность. В пределах первого блока представляются фактический гранулометрический состав почвенных образцов: содержание физической глины ( $z$ , %), фактическое содержание ила ( $a_{\text{ф}}$ , %) и пыли ( $b_{\text{ф}}$ , %), базовые (эталонные) значения ила ( $a_{\text{дт}}$ , %), степень насыщенности физической глины илом или пылью (по преобладающей фракции) ( $V_a$  или  $V_b$ , %), а также константы динамического равновесия ( $K_a$ ,  $K_b$ ). Константы динамического равновесия сводятся к тому, чтобы привести к единому масштабу показатели содержания гумуса в почве и сопоставить друг с другом, так как они приводятся к общему знаменателю. Следовательно, константа динамического равновесия выполняет функцию универсального коэффициента пропорциональности между гранулометрическим составом и гумусностью почв и ее физической глиной. Базовое значение ила используется нами в качестве эталона сравнения. Во втором блоке дается характеристика почвенных образцов по двум показателям: содержанию гумуса почвы в целом ( $y_p$ , %) и содержанию гумуса в физической глине ( $x_p$ , %).

Естественная почва Ошмянско-Минского ПЭР относится к группе 2 (табл. 1) (с пылеватой физической глиной – фактическое содержание пылеватых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ) в гумусовом аккумулятивном горизонте  $A_1$  превышает фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ): 14,9 против 6,3 %) и подгруппе 2.1 (физическая глина насыщена пылью – фактическое содержание пылеватых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ) больше базового содержания илистой фракции ( $a_{\text{дт}}$ ): 14,9 % против 4,49 %). Степень насыщенности физической глины пылью ( $V_b$ ) составляет 70,28 % (сильная степень насыщенности – в). На илистую составляющую приходится только 29,72 %, т. е. содержание пыли/ила в данном горизонте соотносится как 70:30.

Таблица 1  
Взаимосвязи гранулометрического состава и гумусности дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени агрогенной трансформации Ошмянско-Минского и Оршанско-Мстиславского ПЭР за исследуемый период (2017–2019 гг.)

Горизонт, глубина отбора образца, см	Фактическое содержание фракций, %		Базовое содержание фракций, %		Насыщенность физической глины илом, %	Насыщенность физической глины пылью, %	Константы динамического равновесия	Гумус, %		Насыщенность физической глины гумусом, %	
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм	0,001–0,01 мм				в почве	в физической глине		
	z	a <sub>ф</sub>	b <sub>ф</sub>	a <sub>дт</sub>	b <sub>дт</sub>	V <sub>а</sub>	V <sub>б</sub>	K <sub>а,б</sub>	У <sub>г</sub>	X <sub>р</sub>	W
<i>Ошмянско-Минский ПЭР</i>											
Естественная почва (8–17), группа 2, подгруппа 2.1, в*											
A <sub>п</sub> , 4–9	21,2	6,3	14,9	4,49	16,71	29,72	70,28	3,32	4,80	15,94	75,17
Окультуренная почва (6–17), группа 2, подгруппа 2.1, г											
A <sub>п</sub> , 5–25	22,0	4,7	17,4	4,84	17,16	20,91	79,09	3,60	2,68	9,65	43,85
Окультуренная почва (9–17), группа 2, подгруппа 2.1, г											
A <sub>п</sub> , 5–25	20,1	4,7	15,4	4,04	16,06	23,38	76,62	3,81	3,07	11,70	58,19
Среднеэродированная почва (7–17), группа 1, подгруппа 1.1, а											
A <sub>п</sub> B, 5–15	22,3	11,9	10,4	4,97	17,33	53,36	46,64	2,39	2,32	5,54	24,86
<i>Оршанско-Мстиславский ПЭР</i>											
Естественная почва (12–17), группа 1, подгруппа 1.1, б											
A <sub>п</sub> A <sub>2</sub> , 10–15	20,7	12,8	7,9	4,28	16,42	61,84	38,16	2,99	2,14	6,40	30,91
Окультуренная почва (17–17), группа 2, подгруппа 2.1, б											
A <sub>п</sub> , 5–10	22,5	9,2	13,3	5,06	17,44	40,89	59,11	2,63	1,69	4,44	19,75
Окультуренная почва (13–17), группа 2, подгруппа 2.1, в											
A <sub>п</sub> , 5–15	20,3	5,3	15,0	4,12	16,18	26,11	73,89	3,64	2,22	8,08	39,81
Среднеэродированная почва (16–17), группа 1, подгруппа 1.1, в											
A <sub>п</sub> B, 5–10	21,7	15,1	6,6	4,71	16,99	69,59	30,41	3,21	1,26	4,04	18,64

Примечание: а – слабая степень насыщенности физической глины илом или пылью в зависимости от преобладающей фракции (50,0–54,9 %); б – средняя (55,0–64,9 %); в – сильная (65,0–74,9 %); г – очень сильная степень насыщенности (> 75,0 %).

Окультуренные почвы также относятся к группе 2 (с пылевой физической глиной – фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ) в горизонтах  $A_n$  превышает фактическое содержание илистых фракций ( $a_{\text{ф}}$ ): 17,4 против 4,7 % (разрез 6–17) и 15,4 против 4,7 % (разрез 9–17) соответственно и подгруппе 2.1 (физическая глина насыщена пылью – фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ) больше базового содержания илистой фракции ( $a_{\text{дт}}$ ): 17,4 % против 4,84 % и 15,4 против 4,04 % соответственно). Степень насыщенности физической глины пылью ( $V_b$ ) составляет 79,09 и 76,62 % соответственно (очень сильная степень насыщенности – г). На илистую составляющую приходится только 20,91 % и 23,38 %, т. е. содержание пыли/ила в данных горизонтах соотносится в среднем как 78:22.

Среднеэродированная почва относится к группе 1 (с иловатой физической глиной – фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ) в горизонте  $A_nB$  превышает фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ): 11,9 против 10,4 %) и подгруппе 1.1 (физическая глина насыщена илом – фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ) больше базового содержания илистой фракции ( $a_{\text{дт}}$ ): 11,9 % против 4,97 %). Степень насыщенности физической глины илом ( $V_a$ ) среднеэродированной почвы составляет 53,36 % (слабая степень насыщенности – а). На пылевую составляющую в данном горизонте приходится 46,64 %, т. е. соотношение содержания ила/пыли составляет 53:47.

Естественная почва в Оршанско-Мстиславском ПЭР относится к группе 1 (с иловатой физической глиной – фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ) в гумусово-элювиальном горизонте  $A_1A_2$  превышает фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ): 12,8 против 7,9 %) и подгруппе 1.1 (физическая глина насыщена илом – фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ) больше базового содержания илистой фракции ( $a_{\text{дт}}$ ): 12,8 % против 4,28 %). Степень насыщенности физической глины илом ( $V_a$ ) составляет 61,84 % (средняя степень насыщенности – б). На пылевую составляющую приходится только 38,16 %, т. е. содержание пыли/ила в данном горизонте соотносится как 62:38.

Окультуренные почвы относятся к группе 2 (с пылевой физической глиной – фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ) в горизонтах  $A_n$  превышает фактическое содержание илистых фракций ( $a_{\text{ф}}$ ): 13,3 против 9,2 % (разрез 17–17) и 15,0 против 5,3 % (разрез 13–17) соответственно и подгруппе 2.1 (физическая глина насыщена пылью – фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ) больше базового содержания илистой фракции ( $a_{\text{дт}}$ ): 13,3 % против 5,06 % и 15,0 против 4,12 % соответственно). Степень насыщенности физической глины пылью ( $V_b$ ) характеризуется средней (59,11 %) и сильной (73,89 %) степенью соответственно. На илистую составляющую приходится только 40,89 % и 26,11 %, т. е. содержание пыли/ила в пахотных горизонтах соотносится в среднем как 59:41 (разрез 17–17) и 74:26 (разрез 13–17).

Среднеэродированная почва относится к группе 1 (с иловатой физической глиной – фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ) в пахотном постэрозионном горизонте  $A_nB$  превышает фактическое содержание пылевых фракций ( $b_{\text{ф}}$ ): 15,1 против 6,6 %) и подгруппе 1.1 (физическая глина насыщена илом – фактическое содержание илистой фракции ( $a_{\text{ф}}$ ) больше базового содержания илистой фракции ( $a_{\text{дт}}$ ): 15,1 % против 4,71 %). Степень насыщенности физической глины илом ( $V_a$ ) составляет 69,59 % (сильная степень насыщенности – в). На пылевую составляющую приходится 30,41 %, т. е. соотношение содержания ила/пыли составляет 70:30.

Важное значение для оценки степени устойчивости почв и их плодородия имеют показатели содержания гумуса почвы в целом ( $y_r$ ) и содержания гумуса в физической глине ( $x_p$ ). Гумусированность фракций физической глины предопределяет величину содержания гумуса в почве, которую можно рассматривать как содержание гумуса в физической глине, механически разбавленной массой, которая мало или вовсе не содержит гумуса, т. е. физическим песком (частицы больше 0,01 мм: фракции мелкого, среднего, крупного песка и крупной пыли гранулометрического состава). В данном случае играет роль не только количество физического песка, но и отношение ила и пыли в физической глине. Избыток ила/пыли в физической глине, по отношению к базовому значению ила, усиливает разбавляющий эффект. В этом случае содержание гумуса в физической глине намного превышает его содержание в почве, а константы динамического равновесия имеют наибольшие значения.

Содержание гумуса в физической глине значительно превышает его содержание в почве, поскольку для исследуемых почв константы динамического равновесия ( $K_{a,b}$ )  $>1,0$ , что свидетельствует об избытке ила/пыли в физической глине (в зависимости от преобладающей фракции) относительно базового содержания ила.

Как видно из табл. 1, в естественной почве в горизонте  $A_1$  содержание гумуса в почве составляет 4,80 %, а в физической глине – 15,94 % (т. е. в 3,32 раза больше). В горизонте  $A_n$  окультуренной почвы (разрез 6–17) содержание гумуса в физической глине в 3,60 раза превышает его содержание в почве – 9,65 против 2,68 % соответственно. В горизонте  $A_n$  окультуренной почвы (9–17) константа динамического равновесия достигает максимального значения – 3,81, а содержание гумуса в физической глине – 11,70 против 3,07 % в почве. Содержание большего количества гумуса в естественной почве по сравнению с окультуренными аналогами для легкосуглинистых почв подтверждаются исследованиями Н. И. Туренкова [15]. В пахотном постэрозионном горизонте  $A_nB$  среднеэродированной почвы отмечается наименьшее содержание гумуса в физической глине и почве – 5,54 против 2,32 % соответственно.

В естественной почве Оршанско-Мстиславского ПЭР в горизонте  $A_1A_2$  содержание гумуса в почве составляет 2,14 %, а в физической глине – 6,40 % (т. е. в 2,99 раза больше). В горизонте  $A_n$  окультуренной почвы (17–17) содержание гумуса в физической глине в 2,63 раза превышает его содержание в почве – 1,69 против 4,44 % соответственно. В горизонте  $A_n$  окультуренной почвы (13–17) константа достигает максимального значения – 3,64, а содержание гумуса в физической глине – 8,08 против 2,22 % в почве. В горизонте  $A_nB$  среднеэродированной почвы отмечается наименьшее содержание гумуса в физической глине и почве – 4,04 и 1,26 % соответственно.

Важное теоретическое и практическое значение имеет степень насыщенности физической глины гумусом ( $W$ ). Этот показатель совокупно выражает общий принцип связи гранулометрического состава и гумусности почв, учитывая все многообразие отношений гранулометрических фракций во взаимосвязи с гумусностью физической глины ( $x_p$ ) и содержанием гумуса почвы ( $y_r$ ).

Согласно полученным данным в Ошмянско-Минском ПЭР насыщенность физической глины гумусом имеет наибольшее значение в естественной почве – 75,17 %, в окультуренных снижается до 58,19 и 43,85 %, а в среднеэродирован-

ной почве имеет минимальное значение – 24,86 %. В Оршанско-Мстиславском ПЭР насыщенность физической глины гумусом ( $W$ ) имеет наибольшее значение в окультуренной почве (13–17) – 39,81 %, в естественной – 30,91 %, в окультуренной (17–17) снижается до 19,75 %, а в среднеэродированной почве имеет минимальное значение – 18,64 %.

Показатели содержания гумуса в почве ( $y_r$ ), в физической глине ( $x_p$ ) и насыщенности физической глины гумусом ( $W$ ) снижаются в последовательности: естественная почва – окультуренные аналоги – среднеэродированная почва (Ошмянско-Минский ПЭР); окультуренная почва (разрез 13–17) – естественная – окультуренная (разрез 17–17) – среднеэродированный аналог (Оршанско-Мстиславский ПЭР).

Среднестатистические данные по показателям гумус-гранулометрических отношений для пахотных горизонтов окультуренных дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв представлены в табл. 2. Согласно полученным данным среднее содержание физической глины составляет 22,5 %. В физической глине преобладает пылевая фракция – 13,5 %, а на илстую составляющую приходится 9,0 %, т. е. окультуренные почвы имеют пылеватую физическую глину. Базовое содержание пыли и ила в физической глине соотносится как 17,4 и 5,1 % соответственно. Поскольку фактическое содержание пыли превышает базовое содержание илистой фракции – 13,5 против 5,1 % соответственно – физическая глина насыщена пылью: степень насыщенности пылью составляет 60,2 %, а степень насыщенности илом лишь 40,1 %. Таким образом, в физической глине преобладающей является пылевая фракция со средней степенью насыщенности (55,0–64,9 %). Для исследуемых почв константы динамического равновесия ( $K_{a,b}$ ) > 1,0, что свидетельствует об избытке ила/пыли в физической глине в зависимости от преобладающей фракции (в данном случае пыли) относительно базового содержания ила. Содержание гумуса в пахотных горизонтах составляет 2,4 %, а в физической глине его в 2,8 раз больше – 6,7 %. Насыщенность физической глины гумусом составляет 29,9 %.

Таблица 2

**Среднестатистические данные показателей гумус-гранулометрических отношений пахотных горизонтов окультуренных дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв Ошмянско-Минского и Оршанско-Мстиславского ПЭР**

Показатель	Среднестатистические данные
Содержание физической глины ( $z$ ), %	22,5±1,4
Содержание ила ( $a_{\text{ф}}$ ), %	9,0±2,3
Содержание пыли ( $b_{\text{ф}}$ ), %	13,5±2,5
Базовое содержание ила ( $a_{\text{дт}}$ ), %	5,1±0,7
Базовое содержание пыли ( $b_{\text{дт}}$ ), %	17,4±0,8
Степень насыщенности физической глины илом ( $V_a$ ), %	40,1±10,4
Степень насыщенности физической глины пылью ( $V_b$ ), %	60,2±10,4
Константы динамического равновесия ( $K_{a,b}$ )	2,8±0,4
Содержание гумуса в почве ( $y_r$ ), %	2,4±0,6
Содержание гумуса в физической глине ( $x_p$ ), %	6,7±1,8
Насыщенность физической глины гумусом ( $W$ ), %	29,9±9,4



Современный уровень интенсификации земледелия, широкое применение средств химизации и действие техногенных факторов приводят к значительному усилению нагрузки на почву, что способствует изменению кислотности почв, которая является важнейшей почвенно-химической характеристикой [16]. Так, за более чем 35-летний период агрогенного воздействия произошли значительные изменения и по показателям кислотности пахотных почв в исследуемых почвенно-экологических районах, причем изменения имеют одинаковую направленность: согласно разновременным данным агрохимических обследований в Ошмянско-Минском ПЭР средневзвешенные показатели кислотности пахотных почв возрастали с 4,75 в 1976–1980-х гг. до 6,00 единиц в 2001–2004 гг., а удельный вес кислых почв с показателями pH менее 5,0 за аналогичный временной интервал сократился с 76,35 до 3,13 %, т. е. снизился практически в 25 раз. С 2001–2004-х гг. показатели pH снижались и в настоящее время составляют 5,80 единиц (т. е. почвы стали более кислыми), а удельный вес кислых почв увеличился до 8,99 % [17–23].

В Оршанско-Мстиславском ПЭР средневзвешенные показатели кислотности пахотных почв возрастали с 4,84 в 1976–1980-х гг. до 6,15 единиц в 2001–2004 гг., а удельный вес кислых почв с показателями pH менее 5,0 единиц сократился с 74,17 до 2,82 %, т. е. снизился в 26 раз. С 2001–2004-х гг. показатели pH начали снижаться и в настоящее время составляют 5,96 единиц (т. е. почвы стали более кислыми), а удельный вес кислых почв увеличился до 8,61 %.

В условиях проявления процессов подкисления следует ожидать ослабление экологических функций почвы, агроэкосистемы, их устойчивости к комплексу благоприятных факторов, что в конечном итоге отразится на продуктивности культурных растений. Поэтому показатели буферности являются актуальными и могут быть использованы для оценки степени устойчивости почв к агрогенным воздействиям (табл. 3).

Таблица 3

**Площади буферности дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв в щелочном и кислотном интервале относительно кривой буферности кварцевого песка за период исследований (2017–2019 гг.)**

Разрез	Генетический горизонт, глубина отбора образца, см	Площадь буферности в щелочном интервале, см <sup>2</sup>	Площадь буферности в кислотном интервале, см <sup>2</sup>	Естественная буферность в щелочном интервале, %	Естественная буферность в кислотном интервале, %
<i>Ошмянско-Минский ПЭР</i>					
8–17	A <sub>1</sub> , 4–9	22,8±1,0	2,3±0,1	45,0±2,1	15,6±0,6
6–17	A <sub>п</sub> , 5–15	10,1±2,0	7,9±1,1	21,7±5,4	38,4±3,3
9–17	A <sub>п</sub> , 5–15	11,1±0,8	7,2±0,2	22,0±1,6	36,3±0,6
7–17	A <sub>п</sub> B, 5–15	8,0±0,9	12,1±1,3	15,9±1,7	48,8±2,7
<i>Оршанско-Мстиславский ПЭР</i>					
12–17	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> , 10–15	19,5±0,9	1,1±0,6	38,7±1,6	7,8±4,1
17–17	A <sub>п</sub> , 5–10	10,3±1,4	4,2±0,4	20,2±2,8	25,1±1,5
13–17	A <sub>п</sub> , 5–15	8,4±2,3	13,4±2,1	16,5±4,5	51,3±3,9
16–17	A <sub>п</sub> B, 5–10	8,5±0,7	6,7±0,4	16,8±1,3	34,8±1,2

Анализ кислотно-основной буферности исследуемых почв позволил установить, что в Оршанско-Минском ПЭР в кислотном интервале площадь буферности ( $S_k$ ) в гумусовом и пахотных горизонтах возрастает в последовательности: естественная почва – 2,3 см<sup>2</sup> («низкая» естественная буферность – 15,6 %) → пахотные аналоги – 7,2 и 7,9 см<sup>2</sup> («низкая» – 36,3 и 38,4 %) → среднеэродированная почва – 12,1 см<sup>2</sup> («средняя» – 48,8 %), а в щелочном интервале ( $S_{щ}$ ): среднеэродированная почва («низкая») → пахотные («низкая») → естественный аналог («средняя») (табл. 3).

В Оршанско-Мстиславском ПЭР в кислотном интервале площадь буферности ( $S_k$ ) возрастает в последовательности: естественная почва – 1,1 см<sup>2</sup> («очень низкая» – 7,8 %) → пахотная – 4,2 см<sup>2</sup> (разрез 17–17, «низкая» – 25,1 %) → среднеэродированная – 6,7 см<sup>2</sup> («низкая» – 34,8 %) → пахотная почва (разрез 13–17, «средняя»), а в щелочном интервале ( $S_{щ}$ ): среднеэродированная почва («низкая») → пахотные («низкая») → естественный аналог («средняя»).

Таким образом, в окультуренных почвах (разрезы 6–17 и 9–17) и среднеэродированной почве (разрез 7–17) Оршанско-Минского ПЭР и пахотных почвах (разрез 17–17 и 13–17) Оршанско-Мстиславского ПЭР отмечается снижение буферности к подщелачиванию и возрастание к подкислению по сравнению с естественными (для пахотных) и пахотными аналогами (для среднеэродированных почв) соответственно. А в среднеэродированной почве Оршанско-Мстиславского ПЭР отмечается также снижение буферности к подкислению относительно окультуренной почвы (разрез 13–17).

Почвенно-поглощающий комплекс почвы и насыщающие его обменно-поглощенные катионы оказывают исключительное влияние на структуру почвы, ее физико-механические свойства, водно-воздушный режим, поглощательную способность, емкость обмена, реакцию почвенного раствора и буферность почвы, на закрепление питательных веществ и в целом на питательный режим почвы, что в конечном счете определяет уровень почвенного плодородия. Изменения в свойствах почв, происходящие в результате процесса окультуривания, затрагивают количественные изменения величины ЕКО и качественный состав обменно-поглощенных катионов, так как они являются самой подвижной частью твердой фазы почвы, легче всего вступающей во взаимодействие с почвенным раствором [24]. Т. Н. Кулаковской [25] установлена тесная связь между ЕКО и содержанием гумуса: увеличение гумусированности на 0,1 % вызвало положительное смещение ЕКО на 0,6 смоль(+)/кг на суглинистых почвах и на 0,3–0,4 смоль(+)/кг на супесчаных почвах и песках.

Применение удобрений заметно отражается на составе обменно-поглощенных катионов, степени насыщенности ППК основаниями, реакции среды [26–28]. Физиологически оптимальное отношение поглощенных катионов в агродерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках для большинства культур, согласно А. И. Горбылевой [26], составляет 35–42 % обменного кальция (от ЕКО), 5–18 % обменного магния, 1,2–4,0 % обменного калия. По данным И. М. Богдевича, оптимальное содержание калия в составе ЕКО находится на уровне 4–5 % [27].

По данным В. А. Ковды [28], физиологически оптимальным соотношением поглощенных катионов для основных культур является: 60–70 % обменного кальция (от ЕКО), 10–15 % обменного магния, 3–5 % обменного калия. Приведенные

цифры отражают «идеальный» состав обменных катионов в почве. J. Matula [29] приводит как оптимальное следующее содержание обменных катионов в ППК: 60–80 % обменного кальция (от ЕКО), 10–20 % обменного магния, 2–7 % обменного калия, отмечая, что значение 7 % для калия критическое, а самое оптимальное – 5 %.

Таблица 4

**Емкость катионного обмена и содержание обменных катионов в дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почвах Ошмянско-Минского и Оршанско-Мстиславского ПЭР за период исследований (2017–2019 гг.)**

№ раз-реза	Горизонт, глубина взятия образца, см	ЕКО	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	№ раз-реза	Горизонт, глубина взятия образца, см	ЕКО	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
			% в ЕКО						% в ЕКО		
			смоль(+)/кг						смоль(+)/кг		
<i>Ошмянско-Минский ПЭР</i>						<i>Оршанско-Мстиславский ПЭР</i>					
8–17	A <sub>1</sub> , 4–9	13,6	<u>0.87</u> 6,40	<u>0.56</u> 4,03	<u>0.12</u> 0,88	12–17	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> , 0–26	14,4	<u>1.75</u> 12,15	<u>0.67</u> 4,65	<u>0.13</u> 0,90
6–17	A <sub>n</sub> , 0–30	23,2	<u>9.21</u> 39,70	<u>1.17</u> 5,04	<u>0.53</u> 2,28	17–17	A <sub>n</sub> , 0–25	20,2	<u>6.11</u> 30,25	<u>3.40</u> 16,83	<u>0.45</u> 2,23
9–17	A <sub>n</sub> , 0–30	20,0	<u>8.08</u> 40,40	<u>2.15</u> 10,75	<u>0.71</u> 3,55	13–17	A <sub>n</sub> , 0–25	22,3	<u>9.33</u> 41,84	<u>4.18</u> 18,74	<u>1.72</u> 7,71
7–17	A <sub>n</sub> B, 5–15	15,8	<u>7.20</u> 45,57	<u>2.13</u> 13,48	<u>0.99</u> 6,26	16–17	A <sub>n</sub> B, 5–15	16,1	<u>9.09</u> 56,46	<u>4.50</u> 27,95	<u>0.19</u> 1,18

Показатели емкости катионного обмена (ЕКО) в исследуемых почвах возрастают от естественных почв к пахотным аналогам и снижаются в среднеэродированных почвах (табл. 4). В составе ЕКО преобладают катионы обменного Ca<sup>2+</sup>, затем Mg<sup>2+</sup> и K<sup>+</sup>: пахотные почвы характеризуются «оптимальным уровнем» их содержания, за исключением почвы (разрез 17–17) – содержание Ca<sup>2+</sup> «ниже оптимального», и почвы (разрез 13–17) – содержание K<sup>+</sup> превышает критический уровень; содержание Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> и K<sup>+</sup> в почве под лесом «ниже оптимального»; в среднеэродированных почвах содержание Ca<sup>2+</sup> не соответствует «оптимальному» уровню, Mg<sup>2+</sup> – «оптимальный» в Ошмянско-Минском ПЭР и «выше оптимального» в Оршанско-Мстиславском, K<sup>+</sup> – «оптимальный» уровень.

Между показателями, используемыми для оценки степени устойчивости почв к агрогенным воздействиям, и производительной способностью почв найдена связь: коэффициенты корреляции (η) колеблются от 0,50 до 0,83 (табл. 5).

Таблица 5

**Криволинейные корреляционные зависимости между критериями устойчивости дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв и их производительной способностью**

Показатель	Коэффициент η
Содержание физической глины (z), %	0,70
Содержание ила (a <sub>ф</sub> ), %	0,72
Содержание средней и мелкой пыли (b <sub>ф</sub> ), %	0,83

Показатель	Коэффициент $\eta$
Степень насыщенности физической глины илом ( $V_a$ ), %	0,70
Степень насыщенности физической глины пылью ( $V_b$ ), %	0,69
Содержание гумуса в почве ( $y_r$ ), %	0,69
Содержание гумуса в физической глине ( $x_p$ ), %	0,74
Насыщенность физической глины гумусом ( $W$ ), %	0,75
Буферность в кислотном интервале ( $S_k$ ), см <sup>2</sup>	0,80
Буферность в щелочном интервале ( $S_{щ}$ ), см <sup>2</sup>	0,50
ЕКО, смоль (+)/кг	0,80

Таким образом, количественные критерии, основанные на гумус-гранулометрических отношениях: содержание физической глины ( $z$ ), фактическое содержание ила ( $a_{ф}$ ) и пыли ( $b_{ф}$ ), степень насыщенности илом ( $V_a$ ) / пылью ( $V_b$ ), содержание гумуса в почве ( $y_r$ ) и в физической глине ( $x_p$ ), степень насыщенности физической глины гумусом ( $W$ ); а также показатели буферности в кислотном ( $S_k$ ) и щелочном ( $S_{щ}$ ) интервале и показатели емкости катионного обмена (ЕКО) являются актуальными и позволяют совершить попытку оценки степени устойчивости дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв, находящихся в длительном сельскохозяйственном использовании с учетом рассчитанных величин отклонений показателей окультуренных почв от их естественного состояния и среднеэродированных почв от их пахотных аналогов (табл. 6).

Таблица 6

**Отклонения значений показателей пахотных горизонтов дерново-палево-подзолистых почв от естественного состояния и среднеэродированных почв от их пахотных аналогов (%)**

Показатель	Разрез					
	6–17	9–17	7–17	17–17	13–17	16–17
Содержание физической глины ( $z$ , %)	+3,8	-5,2	+5,7	+8,7	-1,9	+1,4
Содержание ила ( $a_{ф}$ , %)	-25,4	-25,4	+153,2	-28,1	-58,6	+106,8
Содержание пыли ( $b_{ф}$ , %)	+16,8	+3,4	-36,6	+68,4	+89,9	-53,5
Степень насыщенности физ. глины илом ( $V_a$ , %)	-29,6	-21,3	+140,9	-33,9	-57,8	+107,7
Степень насыщенности физ. глины пылью ( $V_b$ , %)	+12,5	+9,0	-40,1	+54,9	+93,6	-54,3
Содержание гумуса в почве ( $y_r$ , %)	-44,2	-36,0	-19,4	-21,0	+3,7	-35,7
Содержание гумуса в физической глине ( $x_p$ , %)	-39,5	-26,6	-48,2	-30,6	+26,3	-35,5
Насыщенность физической глины гумусом ( $W$ , %)	-41,7	-22,6	-51,3	-36,1	+28,8	-37,4
Буферность в щелочном интервале ( $S_{щ}$ , см <sup>2</sup> )	-55,7	-51,3	-24,5	-47,2	-56,9	-9,6
Буферность в кислотном интервале ( $S_k$ , см <sup>2</sup> )	+243,5	+213,0	+59,2	+281,8	+1118,2	-23,9
ЕКО, (смоль(+))/кг <sup>-1</sup> )	+70,6	+47,1	-40,7	+31,5	+58,9	-44,3

С использованием метода экспертной оценки установлены пределы варьирования значений отклонений для выделенных категорий (градаций), которые являются условным выражением степени изменения величины того или иного критерия генетических свойств почв, и построена ориентировочная шкала категорий оценки (классов) в зависимости от степени изменения их свойств [3] (табл. 7).

Таблица 7

**Шкала оценки степени устойчивости дерново-палево-подзолистых почв**

Показатель	Класс устойчивости почв			
	1	2	3	4
$a_{\phi}$ , %	≤ 20,0 %	20,1–50,0 %	50,1–100,0 %	>100,0 %
$b_{\phi}$ , % и ЕКО, смоль(+)/кг <sup>-1</sup>	≤ 20,0 %	20,1–40,0 %	40,1–80,0 %	>80,0 %
$V_a/V_b$ , %	≤ 20,0 %	20,1–50,0 %	50,1–100,0 %	>100,0 %
$y_r$ , %	≤ 5,0 %	5,1–20,0 %	20,1–35,0 %	>35,0 %
$x_p$ , W, %	≤ 10,0 %	10,1–30,0 %	30,1–50,0 %	>50,0 %
$S_{щ}$ , см <sup>2</sup>	≤ 5,0 %	5,1–30,0 %	30,1–60,0 %	>60,0 %
$S_k$ , см <sup>2</sup>	≤ 20,0 %	20,1–50,0 %	50,1–100,0 %	>100,0 %

Поскольку содержание физической глины в исследуемых почвах находится примерно на одном и том же уровне и отклонения минимальные, то данный показатель не использовался в качестве критерия для оценки степени устойчивости почв.

Если критерию присваивается 1 класс устойчивости, значит, показатель слабо изменяется от исходного состояния, 2 класс – умеренная степень изменения, 3 и 4 класс – сильная и очень сильная степень соответственно (табл. 8).

Таблица 8

**Оценка устойчивости дерново-палево-подзолистых почв, развивающихся на мощных лессовидных суглинках, к агрогенным воздействиям**

Разрез	Критерий									Категория устойчивости почв
	$a_{\phi}(b_{\phi})$	$V_a(V_b)$	$y_r$	$x_p$	W	$S_{щ}$	$S_k$	ЕКО	КУП	
<i>Ошмянско-Минский ПЭР</i>										
6–17	1	1	4	3	3	3	4	3	2,50	Менее устойчивая
9–17	1	1	4	2	2	3	4	3	2,00	Устойчивая
7–17	4	4	2	3	4	2	3	3	3,25	Неустойчивая
<i>Оршанско-Мстиславский ПЭР</i>										
17–17	3	3	3	3	3	3	4	2	3,00	Менее устойчивая
13–17	4	3	1	2	2	3	4	3	2,50	Менее устойчивая
16–17	4	4	4	3	3	2	2	3	3,25	Неустойчивая

*Примечание.* Категории устойчивости почв: КУП ≤ 1,00 – наиболее устойчивые; 1,01–2,00 – устойчивые; 2,01–3,00 – менее устойчивые; > 3,00 – неустойчивые.

Таким образом, окультуренная почва (разрез 9–17) Ошмянско-Минского ПЭР является устойчивой (КУП = 2,00), окультуренная почва (разрез 6–17) Ошмян-

ско-Минского ПЭР и пахотные почвы (разрез 13–17 и 17–17) Оршанско-Мстиславского ПЭР – менее устойчивые (КУП = 2,50, 2,50 и 3,00 соответственно) по сравнению с естественным аналогом. Среднеэродированные почвы обоих почвенно-экологических районов неустойчивы по сравнению с окультуренными аналогами (КУП = 3,25).

Полученные результаты могут быть использованы для усовершенствования системы показателей оценки агроэкологического состояния почв при проведении научных, мониторинговых исследований, в учебном процессе, разработке мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв на территории земледельцев.

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования позволили заключить:

– в Ошмянско-Минском ПЭР физическая глина естественной почвы и ее окультуренных аналогов по преобладающей фракции пылеватая (степень насыщенности пылью сильная и очень сильная соответственно), а среднеэродированной – иловатая (слабая степень насыщенности илом); в Оршанско-Мстиславском ПЭР физическая глина естественной и среднеэродированной почв иловатая (средняя и сильная степень насыщенности илом соответственно), а окультуренных аналогов – пылеватая (со средней и сильной степенью насыщенности);

– фактическое содержание ила ( $a_{\text{ф}}$ ) и степень насыщенности физической глины илом ( $V_a$ ) в почвах обоих ПЭР снижается в последовательности: среднеэродированные почвы → естественные → окультуренные аналоги; а содержание пыли ( $b_{\text{ф}}$ ) и степень насыщенности пылью ( $V_b$ ) – в обратной последовательности: окультуренные почвы → естественные → среднеэродированные аналоги;

– показатели содержания гумуса в почве ( $y_r$ ), в физической глине ( $x_p$ ) и насыщенности физической глины гумусом ( $W$ ) снижаются в последовательности: естественная почва → окультуренные аналоги → среднеэродированная почва (Ошмянско-Минский ПЭР); окультуренная почва (разрез 13–17) → естественная → окультуренная (разрез 17–17) → среднеэродированный аналог (Оршанско-Мстиславский ПЭР);

– анализ кислотно-основной буферности исследуемых почв позволил установить, что в Ошмянско-Минском ПЭР в кислотном интервале площадь буферности ( $S_k$ ) в гумусовом и пахотных горизонтах возрастает в последовательности: естественная почва («низкая» естественная буферность) → пахотные аналоги («низкая») → среднеэродированная почва («средняя»), а в щелочном интервале ( $S_{\text{щ}}$ ): среднеэродированная почва («низкая») → пахотные («низкая») → естественный аналог («средняя»);

– в Оршанско-Мстиславском ПЭР в кислотном интервале площадь буферности ( $S_k$ ) возрастает в последовательности: естественная почва («очень низкая») → пахотная (разрез 17–17, «низкая») → среднеэродированная («низкая») → пахотная почва (разрез 13–17, «средняя»), а в щелочном интервале ( $S_{\text{щ}}$ ): среднеэродированная почва («низкая») → пахотные («низкая») → естественный аналог («средняя»);

– в окультуренных почвах (разрезы 6–17 и 9–17) и среднеэродированной почве (разрез 7–17) Ошмянско-Минского ПЭР и пахотных почвах (разрез 17–17 и 13–17) Оршанско-Мстиславского ПЭР отмечается снижение буферности к подщелачиванию и возрастание к подкислению по сравнению с естественными (для пахотных) и пахотными аналогами (для среднеэродированных почв) соответственно. А в среднеэродированной почве Оршанско-Мстиславского ПЭР отмечается также снижение буферности к подкислению относительно окультуренной почвы (разрез 13–17);

– показатели емкости катионного обмена (ЕКО) возрастают от естественных почв к пахотным аналогам и снижаются в среднеэродированных почвах. В составе ЕКО преобладают катионы обменного  $\text{Ca}^{2+}$ , затем  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{K}^+$ : пахотные почвы характеризуются «оптимальным уровнем» их содержания, за исключением почвы (разрез 17–17) – содержание  $\text{Ca}^{2+}$  «ниже оптимального», и почвы (разрез 13–17) – содержание  $\text{K}^+$  превышает критический уровень; содержание  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{K}^+$  в почве под лесом «ниже оптимального»; в среднеэродированных почвах содержание  $\text{Ca}^{2+}$  не соответствует «оптимальному» уровню,  $\text{Mg}^{2+}$  – «оптимальный» в Ошмянско-Минском ПЭР и «выше оптимального» в Оршанско-Мстиславском,  $\text{K}^+$  – «оптимальный» уровень;

– на почвах – объектах исследования – найдены криволинейные корреляционные зависимости между производительной способностью и критериями устойчивости почв с показателями, основанными на гумус-гранулометрических отношениях: содержание гумуса в почве, степень насыщенности физической глины пылью ( $y_p$ ,  $V_b$ ,  $\eta = 0,69$ ), содержание физической глины и степень насыщенности физической глины илом ( $z$  и  $V_a$ ,  $\eta = 0,70$ ), фактическое содержание ила ( $a_{\text{ф}}$ ,  $\eta = 0,72$ ), содержание гумуса в физической глине и степень насыщенности физической глины гумусом ( $x_p$  и  $W$ ,  $\eta = 0,74$  и  $0,75$ ), фактическое содержание пыли в физической глине ( $b_{\text{ф}}$ ,  $\eta = 0,83$ ); с площадями буферности в щелочном ( $S_{\text{щ}}$ ,  $\eta = 0,50$ ) и кислотном интервале ( $S_{\text{к}}$ ,  $\eta = 0,80$ ) и показателями емкости катионного обмена (ЕКО,  $\eta = 0,80$ );

– установлено, что окультуренная почва (разрез 9–17) Ошмянско-Минского ПЭР является устойчивой (КУП = 2,00), окультуренная почва (разрез 6–17) Ошмянско-Минского ПЭР и пахотные почвы (разрез 13–17 и 17–17) Оршанско-Мстиславского ПЭР – менее устойчивые (КУП = 2,50, 2,50 и 3,00 соответственно) по сравнению с естественным аналогом. Среднеэродированные почвы обоих почвенно-экологических районов неустойчивы по сравнению с окультуренными аналогами (КУП = 3,25).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шульгина, С. В. Изменение минералогического состава, макро- и микроморфологического строения дерново-палево-подзолистых пылевато-суглинистых почв Беларуси под влиянием сельскохозяйственного использования: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / С. В. Шульгина; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 140 с.

2. Матыченков, Д. В. Агрогенная трансформация дерново-подзолистых почв, сформировавшихся на лессовидных суглинках: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Д. В. Матыченков; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2003. – 105 с.

3. Шульгина, С. В. Оценка степени устойчивости дерново-подзолистых почв Беларуси к агрогенным воздействиям / С. В. Шульгина [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – 2013. – С. 43–55.
4. Артемьева, З. С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы / З. С. Артемьева. – М.: ГЕОС, 2010. – 240 с.
5. Дьяконова, К. В. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия / К. В. Дьяконова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 32 с.
6. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения / В. С. Крыщенко [и др.] // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 2 – 15 с.
7. Кузнецов, Р. В. Распределение гумуса и минералов по гранулометрическим фракциям в основных типах почв Ростовской области: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Р. В. Кузнецов; Ростовский госуд. ун-т. – Ростов н/Д, 2004. – 155 с.
8. Травникова, Л. С. Закономерности гумусонакопления: новые данные и их интерпретация / Л. С. Травникова // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 832–843.
9. Почвы. Методы определения органического вещества: ГОСТ 26213-91. – Введ. 29.12.91. – М: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 8 с.
10. Физико-химические методы исследования почв: учеб. пособие / Л. А. Воробьева [и др.]; под ред. Н. Г. Зырина, Д. С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 155–157.
11. Дыдышко, С. В. Взаимосвязь гумуса и гранулометрического состава дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени агрогенной трансформации (на примере Ошмянско-Минского почвенно-экологического района) / С. В. Дыдышко, Т. Н. Азаренок, С. В. Шульгина // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 2(61). – С. 20–31.
12. Методические указания по химическому анализу почв для студентов IV курса специальности «Почвоведение» (Определение катионнообменной способности почв) / сост. О. А. Йонко. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – С. 16–18.
13. Надточий, П. П. Определение кислотно-основной буферности почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34–39.
14. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена: ГОСТ 17.4.4.01-84. – Введ. 01.04.1985. – М: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. – 14 с.
15. Туренков, Н. И. Палево-подзолистые почвы Белоруссии / Н. И. Туренков. – М.: Наука и техника, 1980. – 215 с.
16. Соколова, Т. А. Химические основы буферности почв / Т. А. Соколова, Г. В. Мотузова, М. С. Малинина. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 108 с.
17. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (IV тур). – Минск: БелНИИПА, 1992. – Ч. 1. – 167 с.
18. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (IV тур). – Минск: БелНИИПА, 1992. – Ч. II. – 138 с.
19. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (VIII тур) / науч. ред. И. М. Богдевич. – Минск: Хата, 2002. – 507 с.
20. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. – Минск: РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», 2006. – 288 с.



21. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

22. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2009–2012) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 276 с.

23. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.

24. Горбунов, Н. И. Поглощительная способность почв и ее природа / Н. И. Горбунов. – М.: Сельхозгиз, 1948. – 216 с.

25. Кулаковская, Т. Н. Современные данные о роли органического вещества в плодородии почв / Т. Н. Кулаковская // Проблемы накопления и использования органических удобрений. – Минск, 1976. – С. 10–20.

26. Горбылева, А. И. Об уровнях насыщенности почвенного поглощающего комплекса обменными катионами / А. И. Горбылева, М. И. Иванова // сб. науч. тр. / БСХА. – 1989. – С. 5–9.

27. Богдевич, И. М. Магниевые удобрения на дерново-подзолистых почвах: аналитический обзор / И. М. Богдевич, О. Л. Ломонос // Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – 40 с.

28. Ковда, В. А. Биомасса и гумусовая оболочка суши. Биосфера и ее ресурсы / В. А. Ковда, И. В. Якушев; под ред. А. Н. Тюрюканова. – М.: Наука. – С. 132–141.

29. Matula, J. Kationtova vymenna kapacita pudy a jeji vyuziti ke hnojeni / J. Matula // Agrochemia. – 1984. – № 24. – P. 333–337.

## ON THE QUESTION OF THE STABILITY OF SOD-PALE-PODZOLIC SOILS FORMED ON POWERFUL LIGHT LOESS-LIKE LOAMS TO AGROGENIC INFLUENCES

S. V. Dydyska, T. N. Azarenok

### Summary

The article presents a new interpretation of humus-granulometric relations of sod-pale-podzolic light loamy soils as a result of the cultural process of soil formation. The presence of a general principle of the relationship between the fractions of particle size distribution and the humus state, in particular, between the humus content in physical clay, the humus content in the soil and the grain size fractions through dynamic equilibrium constants is shown. An attempt was made to evaluate the degree of soil stability on the basis of indicators of humus-granulometric relations, buffering in the acid and alkaline ranges, and cation exchange capacity. The data obtained can be used as a new method for assessing soil fertility and stability as a result of agrogenic effects.

*Поступила 21.04.2020*