

## АГРОХИМИЯ

УДК 631.4/18.631.48.631.811

**<sup>1</sup>Крамарев С.М., <sup>1</sup>Пашова В.Т., <sup>1</sup>Мыцык А.А., <sup>1</sup>Хорошун К. А., <sup>2</sup>Крамарев А.С.  
ФОСФАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ И  
ФИНАНСОВЫЙ МЕХАНИЗМ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ**

<sup>1</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,  
49600, г. Днепропетровск, ул. Сергея Ефремова, д. 25, Украина,  
e-mail: kramaryov@yandex.ua, kramaryovsm@yandex.ua

<sup>2</sup>ННЦ Институт аграрной экономики НААН Украины,  
03127, г. Киев, ул. Героев Оборона, 10, Украина

*Аннотация.* Проведено изучение изменения содержания подвижных форм фосфора в черноземах обыкновенных тяжелосуглинистых под влиянием длительного воздействия на них антропогенных факторов. Дана сравнительная оценка агрохимических показателей двух почвенных профилей: пахота и целина. На пахоте было отмечено снижение уровня обеспеченности почвы подвижными формами фосфора, особенно - в верхних слоях. При этом сильно снижается содержание в почве подвижных форм фосфора при техногенном загрязнении их тяжелыми металлами, с которыми фосфор образует слаборастворимые соли. Поэтому, особое внимание необходимо обратить на содержание в этих почвах подвижных форм фосфора, для определения которых нужно применять стандартные методики.

Разработан финансовый механизм решения проблемы улучшения фосфорного питания растений сельскохозяйственных культур.

*Ключевые слова:* почвы, удобрения, валовые, подвижные формы фосфора, деградация, плодородие.

### ВВЕДЕНИЕ

Сравнительный анализ выносов питательных веществ с основной и побочной продукцией показал, что все сельскохозяйственные культуры для формирования урожая использовали азота в три раза больше, чем фосфора. Однако, среди факторов, определяющих плодородие почвы, именно фосфору принадлежит основная роль, в связи с его участием в различных биологических процессах обмена веществ в растениях. Д.М. Прянишников указывал [1], что в изучении влияния отдельных химических элементов на питание растений есть два важных вопроса: азотное и фосфорное. Он отмечал, что в черноземах есть: «Большой запас азота, пока еще хватает калия, нужно добавить только один элемент минерального питания - фосфор, чтобы восстановить чернозем, истощенный длительной культурой земледелия без внесения удобрений, которая началась со времен крещения Руси или еще раньше». Это

свидетельствует о том, что в черноземной зоне фосфорное питание должно занимать доминирующее положение, поскольку в этой зоне фосфор - элемент, который в большинстве случаев лимитирует дальнейший рост урожайности всех сельскохозяйственных культур, и от уровня его усвоения, и метаболизма, зависят важные этапы онтогенеза растений и формирования продуктивности агроценозов зерновых культур [2-4]. Следует также отметить, что по мере роста растений фосфор, как и азот, уменьшает свое содержание в вегетативных органах и растет его количество в зерне, куда он перемещается в конце вегетации из корней, стеблей и листьев [5]. В связи с этими процессами, почва постепенно и неуклонно теряет фосфор, который перейдя в зерно, вывозится вместе с ним с поля при уборке урожая [6]. Поэтому, в исследованиях плодородия почвы, фосфору уделяется значительно больше внима-

ния, чем другим элементам минерального питания растений [7].

Безусловно, для определения уровня плодородия почвы и его генезиса необходимо иметь данные о запасах валового фосфора, органических и минеральных фосфатов, связанных с гранулометрическим составом и содержанием гумуса [8]. Черноземы обычные в целом содержат значительные запасы общего фосфора, количество которого в пахотном слое составляет 2-3 т/га [9, 10]. Источниками фосфора в почве являются минеральные фосфорные соединения материнских пород, среди которых наиболее распространены фторапатит и хлорапатит, а также, близкие к ним фосфаты кальция [11-13]. В основном, минеральные формы фосфора в почве представлены солями ортофосфорной кислоты, в которых фосфатный анион прочно химически связан с катионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  и др., значительная часть которых находится в поглощенном состоянии на поверхности почвенных коллоидов [9, 14]. Эти соединения составляют 95 % всех природных фосфатов, а остальные 5 % – это химические соединения фосфора с железом, алюминием, марганцем и магнием [5, 13]. То есть, доминирующие запасы фосфора в черноземе обыкновенном представлены слаборастворимыми соединениями кальция и магния [9].

Наряду с минеральными фосфорсодержащими соединениями в черноземах обыкновенных присутствуют и органические фосфаты. По данным Ю.К. Кудзина [2] количество органических соединений фосфора в черноземах составляет более 50 % от общего содержания. В основном, они становятся доступными для растений только после их минерализации с последующим постепенным высвобождением в почвенный раствор анионов  $\text{H}_2\text{PO}_4$  [15].

В наибольшей степени с урожайностью сельскохозяйственных культур

коррелирует содержание в почве подвижных форм фосфора. Однако, содержание подвижных форм фосфора в этих почвах очень низкое и он не имеет естественных путей своего пополнения [6]. Учитывая это, целью нашей работы было: проведение анализа содержания в почве подвижных форм фосфора и процессов его трансформации в различных генетических горизонтах черноземов обыкновенных, поиск путей повышения содержания в почве подвижных форм фосфора до оптимального уровня, и разработка финансового механизма достижения поставленной цели в производственных условиях.

В связи с низкой подвижностью фосфатов, эффективное плодородие черноземов обыкновенных ограничивается дефицитом фосфора, который может усваиваться растениями [13]. В результате этого, на 40 % площадей пахотных земель мира производительность зерновых культур в основном лимитируется недостатком этих форм фосфора [13, 16-23]. Это можно объяснить тем, что в составе валового фосфора в метровом слое почти всех типов почв доминирующее положение занимают слаборастворимые его формы, а содержание подвижных форм незначительное и не всегда отвечает потребностям растений в течение их вегетации [5].

К примеру, если принять продуктивную влажность пахотного слоя почвы 25 %, то при концентрации  $\text{P}_2\text{O}_5$  в почвенном растворе 0,05 мг/л общее количество подвижных форм составит всего лишь 0,4 кг/га. Поэтому, окупаемость фосфорных удобрений на этих почвах высокая – 1 кг действующего вещества  $\text{P}_2\text{O}_5$  обеспечивает прирост 4-6 кг зерна. Увеличение содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  на 1 мг в 100 г почвы позволяет дополнительно получить 1,5-2,0 ц/га зерна, но для этого нужно внести с фосфорными удобрениями 100 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$ , что равноценно внесению в почву 5 ц простого суперфосфата или 1 ц аммофоса. Опти-

мальным считается содержание в почве подвижного фосфора на уровне 15-16 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы, тогда как, реальный показатель – 5,0-7,0 мг (по Чирикову), 1,3-3,0 мг на 100 г почвы (по Олсену), 0,044-0,080 мг  $P_2O_5$  в 1 л почвенного раствора (по Карпинскому-Замятину). В связи с этим, эффективное плодородие большинства почв ограничивается недостаточной обеспеченностью их подвижными формами фосфора, которые, по мнению А.В. Соколова, характеризуются не только величиной, но и степенью их подвижности [4]. На повышение подвижности фосфатов в почве большое влияние оказывают биологические факторы – почвенные микроорганизмы и биохимические процессы [15]. Подвижность фосфора стимулируют ферментативные системы, способствующие накоплению легкорастворимых, легкомобилизующих соединений фосфора [24].

Одновременно в почве наблюдается закрепление фосфатов в менее подвижные минеральные соединения, что связано с карбонатами, которые снижают степень подвижности фосфатов [12]. Научные исследования и производственная практика убедительно показывают, что среди всех форм фосфора наибольшее влияние на растение оказывает только подвижная его форма [5].

Следует отметить, что растениям нужно оптимальное фосфорное питание не только в начальные фазы их онтогенеза, но и на протяжении всех последующих фаз развития [24], поскольку, в черноземной зоне в большинстве случаев от наиболее благоприятного обеспечения почвы его подвижными формами на протяжении всего онтогенеза зависит величина будущего урожая.

В Украине площади пахотных земель с низким и средним содержанием подвижного фосфора достигает 17812 тыс. га, или 57 % от общей их площади [9, 25]. В результате снижения

содержания подвижного фосфора в почве уже в ближайшие годы в Украине уменьшение продуктивности севооборотов будет достигать 2,2 зерновой единицы [4, 26].

Следует также отметить, что по своим химическим свойствам фосфор имеет сложную природу химического взаимодействия с компонентами почвы, определяет большое количество форм, соединений и компонентов, в виде которых он может находиться в нем [12, 27].

В связи с этим, это затрудняет решение вопроса своевременного получения объективной оценки обеспеченности почвы данным элементом минерального питания растений. Получить такую информацию можно только после проведения агрохимических анализов образцов почвы с использованием стандартизированных методов [7, 28]. Это позволит более эффективно использовать внесенные в почву фосфорные и комплексные фосфорсодержащие удобрения [5, 29].

Производственный опыт убедительно показал, что применение стандартных методов определения содержания подвижных форм фосфора без учета конкретных особенностей почв, а также недостаточные отработки методических аспектов диагностики питания растений, приводит к искажению оценки состояния плодородия почв целых регионов [7, 17, 18, 28]. Это связано с тем, что большинство методов базируется на использовании экстрагентов, растворов сильных кислот, что свидетельствует об их принадлежности к так называемым «жестким» методам [19, 30, 31].

В связи с этим, полученные показатели содержания в почве подвижных форм фосфора с использованием кислотных методов (Чирикова, Кирсанова и др.) не отражают реальную картину содержания в почве доступных для растений форм фосфора. Поэтому, с их ис-

пользованием в большинстве случаев, получают завышенные показатели, которые не отражают действительный уровень обеспеченности почвы доступными для растений формами фосфора, что приводит к формированию ложного впечатления об уровне обеспеченности почвы этим элементом минерального питания растений [19, 26, 30, 31]. Главным же критерием при выборе метода для извлечения подвижных соединений фосфора из почвы является оценка его способности правильно отражать реакцию растений на внесение фосфорных удобрений [19]. Дело в том, что доступного фосфора всегда не хватает в почвенном растворе, поскольку он составляет лишь небольшой процент от имеющихся в почве валовых его форм [17, 28, 32]. В связи с этим, нужно изучить и отработать, по словам А.А. Христенко, возможность постепенного отказа от применения «жестких» кислотных методов при определении подвижных форм фосфора, как это уже сделано в большинстве стран мира [17, 18, 19, 28, 30, 31, 32, 34].

Характерной особенностью фосфатных почвенных соединений является низкая их растворимость и слабая диссоциация на ионы [10, 18, 27]. Фосфатные ионы хорошо фиксируются твердой фазой почвы, но их миграция в черноземах ограничена [8, 10, 13, 33]. Поэтому, интенсивное химическое поглощение, которое характерно для солей ортофосфорной кислоты, обуславливает слабую подвижность соединений фосфора. Обычно скорость их диффузии в почве незначительна и варьируется в пределах от 10-12 до 10-15 м<sup>2</sup>/с, что замедляет усвоение фосфора растениями, в результате чего прикорневая зона растений быстро истощается на этот элемент минерального питания растений [24, 26, 27, 28, 32].

По данным агрохимического обследования почв, содержание фосфора в них на 1966-1970 гг. в среднем по

Украине составляло 7,1 мг/100 г [16]. Следует отметить, что по содержанию фосфора почвенный покров отличался большей пестротой по сравнению с азотом [10]. Это обусловлено, прежде всего, свойствами лёссовых почвообразующих пород, волнистым рельефом местности и региональными особенностями почвообразования, а также различным уровнем интенсивности земледелия в хозяйствах с государственной и частной формой собственности.

За период 1991-1995 гг. площади пахотных земель с повышенным и высоким содержанием фосфора росли, а с низким и средним содержанием – остались, по сравнению с первым туром обследования (1966-1970), на уровне 30 %. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в Степи выросло с 6,7 до 9,3 мг/100 г почвы [27]. Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что на черноземах обыкновенных степной зоны Украины наблюдается парадокс: несмотря на высокую обеспеченность этих почв валовым фосфором, чувствительными к фосфорным удобрениям являются именно эти почвы и эффективность фосфорных удобрений на этих почвах – самая высокая в Украине. В связи с этим, целью наших исследований было изучение длительного воздействия антропогенного фактора на фосфорное состояние черноземов обыкновенных с последующим определением количественных изменений в них доступных фосфатов и степени их подвижности, которые произошли в них.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования по изучению фосфорного режима черноземов обыкновенных малогумусных проводили в условиях Пятихатского района (Эрастовская опытная станция ГУ Института зерновых культур НААН Украины) и Днепропетровского района (Учебное хозяйство ДГАЕУ) на пахотных и целинных почвах Приднепров-

ского региона. Для определения изменений, которые произошли с подвижными формами фосфатов, было заложено по два почвенных разреза в Пятихатском и Днепропетровском районах на пашне и целине на глубину 0-100 см.

В этих разрезах почвенные образцы отобраны через каждые 5 и 10 см. В пахотном слое пашни гумуса содержится 3,80-4,25 %, общего азота 0,22-0,24 %, валового фосфора 0,12-0,136 % и калия 2,1-2,4 %. Уровень обеспеченности усваиваемыми питательными веществами (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) - средний и повышенный. В слое 0-20 см целинной почвы содержание гумуса составляет 5,52-5,15 %, общего азота 0,29-0,27 %, фосфора 0,154-0,164 %, валового калия - 2,2-2,4 %. Содержание подвижного фосфора определяли кислотным методом Чирикова (ДСТУ 4115) и соевым Мачигина (ДСТУ 4114-2002) и Карпинского-Замятиной (ДСТУ 4727-2007), а валовый фосфор - по Гинзбург, Щеглову, Вульфусу (ДСТУ 4290) [7, 18, 19, 30, 33, 34].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные запасы фосфора в черноземе сосредотачиваются, как в органических, так и в минеральных соединениях [4, 9, 14, 27]. В исследуемых нами почвах содержание органических и минеральных фосфатов было почти одинаково. Однако органические формы фосфора неравномерно размещаются вдоль почвенного профиля и, в основном, присутствовали в большом количестве только в верхних горизонтах почвы, в которых сосредоточена большая часть растительных остатков и в которых активно проходят микробиологические и биохимические процессы, приводящие к накоплению в них различных белковых плазм [14, 27].

Преимущественное большинство органического фосфора в почве представлено белковыми веществами и нуклеопротеидами, что связано с присутствием в почве продуктов разложе-

ния нуклеопротеидов и белков: ксантина, гипоксантина, урацила и др. [10]. С участием почвенных фосфорсодержащих органических веществ проходят сложные биохимические процессы преобразования данного элемента минерального питания растений [10, 15]. В анаэробных условиях микроорганизмы, которые разлагают белки, расщепляют сложные фосфорсодержащие соединения и производят тем самым ортофосфорную кислоту, которая начинает взаимодействовать с основами почвы, образуя с ними фосфатные соли с разной степенью растворимости [15].

В аэробных условиях фосфорная кислота биохимически может быть восстановлена, что происходит с помощью специфических микроорганизмов, которые интенсивно развиваются в аэробных условиях при pH 7,1 и их развитие находится в прямой зависимости от содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в питательной среде, и требует присутствия в почве органических веществ, которые способны к окислению [10].

Таким образом, органическая форма фосфора в черноземе при биохимических процессах разложения улучшает микробиологическую деятельность почвы, которая связана с распадом сложных белков, увеличивает запасы усваиваемой растениями формы фосфора и улучшает его эффективное плодородие. Также, благодаря этим микробиологическим процессам, минерализация фосфорсодержащего органического вещества способствует образованию растворимых и усваиваемых соединений фосфора [15]. При агрохимической характеристике фосфатного режима, важное значение приобретает и учет форм ее минеральных солей и различных других водорастворимых соединений ортофосфорной кислоты [13, 17]. Запасы валового фосфора характеризуют потенциальное плодородие почвы, критерием же эффективного плодородия является наличие раство-

римых усваиваемых фосфатов [32]. Содержание валового фосфора в значительной степени зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса и экологических условий. Значительное влияние на общие запасы фосфора оказывает антропогенная нагрузка. Как свидетельствуют данные таблицы 1, общий запас фосфора в метровом слое чернозема обыкновенного на пашне составляет 14,3 т, а в условиях целины 16,1 т. Уменьшение запасов валового фосфора с глубиной, по сравнению с азотом, происходит значительно равномернее. Рост запасов фосфора в верхних горизонтах происходит при перемещении его из глубоких слоев почвы за счет корневой системы растений. При минерализации органической массы образованные фосфорнокислые соединения, которые, в отличие от азота и калия, легко поглощаются почвой,

образуют нерастворимые и малоподвижные соединения, а они уже потом закрепляются в верхних слоях почвы. В условиях целины отмечено повышение содержания общего фосфора на 0,028-0,020 %, а в метровом слое на целине на 1,8 т/га возросла масса этого элемента питания. Содержание усвояемого фосфора в черноземах обыкновенных в большей степени зависит от физико-химических свойств почвы и от содержания в нем физической глины, количество которой в черноземных почвах достаточно высоко (таблица 1).

На пахотных почвах основные запасы валового фосфора находятся в слое 0-60 см, уменьшаются до 15,8 % на глубине 80-100 см. На целине в слое 80-100 см содержание валового фосфора увеличивается относительно вспашки до 17,6 % (таблица 2).

Таблица 1 – Содержание и запасы общего фосфора в черноземе обыкновенном на целине и пахоте (Днепропетровский район, Днепропетровской области)

Ценоз		Глубина отбора образцов почвы, см									
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Пахота	Содержание общего фосфора, %	0,136	0,131	0,131	0,122	0,124	0,122	0,116	0,107	0,087	0,088
	Запасы общего фосфора, т/га	1,63	1,61	1,57	1,46	1,49	1,46	1,39	1,39	1,13	1,14
Целина	Содержание общего фосфора, %	0,164	0,154	0,134	0,134	0,123	0,120	0,122	0,122	0,122	0,106
	Запасы общего фосфора, т/га	2,00	1,85	1,61	1,61	1,48	1,56	1,58	1,58	1,45	1,38

Отмечается снижение суммы поглощенных оснований с глубиной и повышение содержания карбонатов от 0,2 до 2,0 % (слой 0-20 см) и до 17,0 %

(слой 80-100 см). Эти показатели значительно влияют на содержание в почве доступных усваиваемых фосфатов (таблица 3).

Таблица 2 – Процентное распределение валовых запасов фосфора в зависимости от экологических условий

Почва		Слой, см					Всего, %
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
Чернозем обыкновенный малогумусный на лесе	Пахота	23,7	21,3	20,7	18,4	15,8	100
	Целина	24,9	20,0	18,9	18,6	17,6	100

Таблица 3 – Поглощающая способность чернозема обыкновенного на целине в зависимости от глубины отбора проб почвы (мг/экв на 100г почвы) (Днепропетровский район)

Показатели	Глубина отбора образцов почвы, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Сумма поглощенных оснований	30,8	31,8	31,6	30,4	32,2	31,0	27,8	28,2	23,8	24,0
Поглощенный кальций	25,8	26,8	27,8	25,6	23,8	25,3	22,8	21,6	19,0	17,6
Поглощенный магний	5,0	5,0	3,8	4,8	8,4	5,8	5,0	6,6	4,8	6,4

Известно, что минеральные соединения фосфора в черноземе обыкновенном находятся в виде солей кальция, которые преобладают над фосфатами железа и алюминия. Изменение реакции почвенного раствора в сторо-

ну щелочности, которая начинается со слоя почвы 40-50 см и продолжает расти глубже, значительно повышает наличие фосфатов кальция и резко уменьшает степень подвижности фосфора (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание карбонатов в черноземе обыкновенном на целине по профилю почвы (%) и pH почвенного раствора (Днепропетровский район)

Показатели	Глубина отбора проб, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Содержание карбонатов	0,2	2,0	1,9	2,8	4,7	6,0	10,0	14,6	17,0	17,4
pH	7,1	7,2	7,2	7,2	8,1	8,3	8,4	8,5	8,6	8,9

В этих слоях почвы только небольшая часть фосфатов представлена водорастворимыми соединениями, но они количественно незначительные, так как являются промежуточными продуктами выветривания и отделения фосфорной кислоты из органических запасов фосфора. В почве, в результате процессов химического выветривания основных фосфорных со-

единений, которые содержатся в составе материнской породы почвы, могут происходить два явления:

- переход труднорастворимых фосфатов кальция под действием угольной кислоты и органических кислот в более легкодоступные формы;
- образование нерастворимых соединений фосфорной кислоты с железом и алюминием почвы.

В черноземе обыкновенном запасы фосфорной кислоты находятся в виде солей щелочноземельных металлов и в форме солей с окисями. Соотношение их зависит от насыщенности основ-

ными оксидами и щелочноземельными металлами, а также от интенсивности процессов, которые переводят легко-растворимые фосфаты в раствор.

Таблица 5 – Содержание подвижных фосфатов в зависимости от экологических условий (мг/кг) (Днепропетровский район)

Ценоз		Глубина отбора образцов, см									
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Пахота	По Мачигину	29,0	27,5	20,8	14,5	14,9	8,4	7,7	7,3	8,3	8,0
	По Чирикову	119	106	95	83	70	46	42	27	34	26
Целина	По Мачигину	14,4	11,0	9,0	8,1	7,6	7,2	7,5	8,3	7,0	5,6
	По Чирикову	90	86	72	55	27	21	20	20	21	18

Как отмечалось выше, в почве непрерывно проходят микробиологические и биохимические процессы, благодаря которым происходит перевод валовых форм фосфора в подвижные и наоборот. На интенсивность прохождения этих процессов влияют различные факторы (влажность почвы, содержание карбонатов, температура почвы и др.) [11]. Поэтому, эти формы фосфора не находятся в стабильном равновесии друг с другом, а благодаря воздействию на почву различных факторов происхо-

дит динамическое изменение и преобразование одних их форм в другие (таблица 5) [12]. Следует также отметить, что в эти процессы вовлекается и органический фосфор, что в конечном итоге определяется плодородием почвы по отношению к содержанию в нем подвижных форм фосфора. Сравнительный анализ содержания подвижного фосфора в почвенных профилях убедительно показал его накопление в верхних слоях почвы по сравнению с глубинным расположением (таблицы 5-6).

Таблица 6 – Содержание подвижного фосфора в различных ценозах чернозема обыкновенного, (мг/кг) (0,5 н извлечение  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) (Пятихатский район, Днепропетровской области)

Ценоз	Глубина отбора образцов, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Вспашка	167	168	168	125	93	81	56	57	55	50
Целина	137	94	85	79	76	72	71	48	38	34

Содержание подвижных фосфатов по Чирикову характеризует не только грунтовые фосфаты, которые непосредственно усваиваются растениями, но и формы, которые сравнительно быстро могут переходить в почвен-

ный раствор, и в большей или меньшей степени используются растениями.

При применении метода Чирикова (0,5 н раствор  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) мы отмечаем значительное снижение содержания фосфатов с глубиной, что объясняется

повышенным количеством карбонатов и изменением рН почвы в сторону увеличения щелочности (таблицы 6-7). Поскольку, в образцах почвы отобранных из этих слоев при определении содержания в них фосфора по методу Чирикова в уксуснокислой вытяжке, происходит нейтрализация уксусной кислоты карбонатными соединениями и не проходит изъятие фосфатов.

Определение подвижного фосфора по Мачигину (1 % раствор  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ )

Таблица 7 – Подвижность фосфора в различных ценозах чернозема обыкновенного, мг/л (Метод Карпинского-Замятиной) (Пятихатский район)

Ценоз	Глубина отбора образцов, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Вспашка	0,19	0,18	0,17	0,13	0,11	0,10	0,7	0,10	0,10	0,12
Целина	0,14	0,10	0,09	0,04	0,09	0,09	0,09	0,07	0,10	0,08

Результаты исследований свидетельствуют о снижении содержания подвижного фосфора на целинных почвах по отношению к пахоте. Это можно объяснить тем, что надземная масса растений целины не возмещается, и в процессе ее минерализации образуются фосфорнокислые соединения, которые легко поглощаются почвой, образуя нерастворимые и малоподвижные соединения, которые прочно закрепляются в почве. Известно, что запасы усваиваемых фосфатов характеризуются не только их величиной, но и степе-

нью подвижности (6-7). Использование стандарта Украины показывает, что реальная естественная подвижность фосфора в черноземах соответствует уровню динамического равновесия - 0,04-0,06 мг/л. Согласно данным (таблицы 7-8), подвижность фосфатов в исследуемых ценозах чернозема обыкновенного несколько выше уровня динамического равновесия фосфатных систем почв 0,17-0,19 мг/л в пахоте 0,13-0,14 мг/л и в слое 0-10 см целины.

Таблица 8 – Запасы усваиваемых фосфатов в зависимости от экологических условий (кг/га)

Почва	Слой, см					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
Пахота	68	43	29	22	22	184
Целина	211	152	59	52	50	524

Для пахоты данное повышение объясняется наличием остаточных фосфатов из удобрений. Фосфатные системы характеризуются повышенным ко-

личеством свободной энергии, основным источником которой является органическое вещество [27]. Данные соединения нейтрализуют положитель-

ные заряды на поверхности глинистых минералов, связывают активные катионы железа, алюминия и блокируют фиксацию анионов фосфорной кислоты. Поэтому, этот горизонт экосистем характеризуется, как правило, повышенной обеспеченностью фосфора [19].

Фосфатное состояние нижних горизонтов обоих ценозов близок и отвечает уровню динамического равновесия. Наличие более высокой подвижности фосфора в отдельных слоях (0,10-0,12 мг/л) создается за счет наличия карбонатов кальция.

По данным Б.С. Наско [27, 10] обеспеченность растений фосфором во многом зависит от содержания в почве фосфатов железа и алюминия (таблица 9). Однако, эти показатели еще не говорят о том, в какой мере обеспечено снабжение растений фосфорной кислотой. Они дают представление о тех резервах фосфора в почве, которые могут

быть мобилизованы. Максимальное количество фосфатов сосредоточено в карбонатных горизонтах в виде фосфатов кальция. В гумусовом горизонте преобладают фосфаты кальция, но и рядом с ними есть фосфаты железа и алюминия, причем в почвообразующей породе фосфаты кальция занимают доминирующее положение [21-23].

Известно, что одним из факторов растворения труднорастворимых минеральных фосфатов является подкисление почвенного раствора, а гидролиз органофосфатов по воздействию бактерий связанный с действием специфических ферментов фосфатазы. Токмакова Л.Н. и Трепач А.А. в 2012 г. установили, что бактерии *R. Radiobacter* являются активными продуцентами ацетатной, масляной и других органических кислот, под влиянием которых происходит переход в почвенный раствор слаборастворимых фосфатов кальция.

Таблица 9 – Содержание фосфатов железа, алюминия и кальция в черноземах обыкновенных (пахота) (Днепропетровский район)

Слой, см	Содержание фосфатов					
	мг/кг			кг/га		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Al	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Fe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Ca	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Al	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Fe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Ca
0-20	45	30	254	108	72	606
20-40	48	32	259	115	77	621
40-60	18	20	296	44	48	710

Проведенные нами исследования показали, что самой высокой численностью фосфатмобилизующих бактерий характеризуется верхний гумусовый горизонт целины (таблица 10) в котором содержание подвижных форм фосфора в почве зависит от многих факторов, в том числе от уровня увлажнения, что связано с разной активностью биоты.

Для изучения накопления подвижного фосфора нами были созданы благоприятные условия по отношению к влаге – 60 % от полной влагоемкости и температурный режим +28,5°С. При

таких условиях проводилось компостирование почвенных образцов, отобранных из различных генетических горизонтов. Через 10, 20 и 30 дней проводилось определение подвижных форм фосфора по методу Чирикова, а степень подвижности – методом Карпинского-Замятиной. Исследования показали, что наиболее интенсивное накопление подвижных фосфатов происходило на целине в первые 20 суток, а на пахоте – 30 суток, а максимальная подвижность фосфатов наблюдалась после 10-ти суток компостирования и в меньшей степени после 20 и 30 суток (таблица 11).

Таблица 10 – Влияние антропогенной нагрузки на численность фосфатмобилизирующих бактерий в черноземе обыкновенном (Пятихатский район, Днепропетровской области)

Слой почвы, см	Фосфатмобилизирующие бактерии, которые растворяются, млн/г	
	Минеральные фосфаты	органосфаты
пахота		
0-5	1,5±0,1	5,4±0,4
5-10	1,3±0,1	2,3±0,1
10-15	1,3±0,1	2,7±0,2
15-25	2,2±0,2	2,4±0,2
25-35	1,2±0,1	4,5±0,3
35-45	1,4±0,1	1,0±0,0
45-65	0,6±0,1	1,0±0,1
целина		
0-5	6,8±0,3	9,8±0,6
5-10	2,5±0,2	4,7±0,4
10-15	2,2±0,1	2,2±0,2
15-25	1,5±0,1	2,0±0,1
25-35	1,2±0,1	2,5±0,3
35-45	0,8±0,1	1,2±0,1
45-65	1,2±0,2	0,9±0,0

Доказано, что под влиянием экологических русловий фосфатазная активность почв уменьшается в слое 0-20 см на 28-50 %. С глубиной отмечено снижение фосфатазной активности. Это можно объяснить значительным

повышением реакции почвенного раствора в сторону щелочности и увеличение карбонатности в слое 20-40 см до 4,7-16,6 % в зависимости от почвы (таблицы 11-12).

Таблица 11 – Влияние агроэкономических условий на активность фосфатазы (вспашка)

Почва	Слой, см	Фосфатазная активность в мг фенолфталеина освобожденного за 3 часа на 100 г почвы
Чернозем обыкновенный малогумусный на лесе	0-20	11,0
	20-40	11,5
	40-60	6,0
Чернозем обыкновенный малогумусный слабо смытый	0-20	8,0
	20-40	6,2
	40-60	6,2
Чернозем обыкновенный малогумусный среднесмытый	0-20	6,0
	20-40	4,5
	40-60	1,5

Таблица 12 – Влияние компостирования на содержание подвижного фосфора в ценозах чернозема обыкновенного (С. Байковка, Пятихатский район, Днепропетровской области)

Слой поч- вы, см	Чириков, мг/100 г почвы				Карпинский–Замятина, мг/л			
	до комп.	после 10 дн. комп.	после 20 дн. комп.	после 30 дн. комп.	до комп.	после 10 дн. комп.	после 20 дн. комп.	После 30 дн. комп.
Целина								
0-5	16,3	22,3	22,6	22,0	0,14	0,52	0,40	0,33
6-10	11,2	19,0	22,3	21,7	0,13	0,50	0,29	0,34
11-15	9,2	14,4	20,7	19,2	0,10	0,50	0,26	0,30
16-20	9,6	17,0	19,7	18,8	0,09	0,46	0,23	0,27
21-25	8,8	17,7	19,2	18,4	0,09	0,48	0,24	0,24
26-30	8,3	18,0	18,6	18,0	0,08	0,38	0,22	0,24
Пахота								
0-5	16,7	22,9	25,9	27,7	0,19	0,58	0,32	0,35
6-10	16,7	18,3	26,7	28,9	0,18	0,56	0,31	0,34
11-15	16,9	22,6	26,2	27,9	0,18	0,50	0,31	0,32
16-20	16,8	22,9	25,9	27,7	0,17	0,62	0,30	3,29
21-25	17,2	23,6	25,5	27,4	0,14	0,54	0,29	0,26
26-30	16,4	24,7	25,3	26,2	0,19	0,52	0,31	0,25

Наиболее действенное направление повышения содержания в почве подвижных форм фосфора - использование фосфорсодержащих удобрений. Сегодня фосфорсодержащие удобрения производят только ОАО «Сумыхимпром» и ЗАО «Днепропетровский завод минеральных удобрений» [29]. Все заводы фосфорной промышленности Украины сегодня используют импортное сырье из стран Северной Африки (Сирия, Тунис, Алжир) [25, 35]. В Украине также имеются значительные месторождения фосфоритов (Волинское, Карповское, Жванское, Сечени-Яремивское, Изюмское и др.) [36]. Однако фосфориты этих месторождений вследствие небольшой концентрации в них  $P_2O_5$  нецелесообразно перерабатывать на суперфосфат и другие водорастворимые фосфорные удобрения. Но проблема не только в фосфатном сырье, а также, в том, что на производство фосфорных удобрений влияет ситуация в отече-

ственном производстве серной кислоты. В результате, Украина оказалась перед угрозой резкого снижения содержания в черноземах обыкновенных доступных для растений подвижных форм фосфора [20]. С особенно большой интенсивностью уменьшается содержание подвижных фосфатов на загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) почвах, на которых резко снижается подвижность водорастворимых соединений фосфора благодаря образованию с катионами  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  и др., ТМ нерастворимых фосфатов и на площадях с низкими дозами внесения фосфорных удобрений. Уменьшение доз внесения фосфорных удобрений на 80 % по сравнению с 1990 годом, привело к снижению средневзвешенного содержания подвижного фосфора за последние 10 лет на 1,1-1,4 мг на 100 г почвы. Расчеты показывают, что для повышения до оптимального уровня плодородия почв необходимо иметь

положительный баланс фосфора 180-200 %. Для этого нужно вносить с фосфорсодержащими удобрениями в среднем на гектар пахотной земли 60-80 кг  $P_2O_5$ . В этих условиях уровень содержания подвижного фосфора за 6-7 лет может повыситься до 12-13 мг/100 г почвы и будет оптимальным для зерновых и кормовых культур.

Для поддержания на оптимальном уровне содержания в почве подвижных форм фосфора необходимо перед передачей земельного участка в аренду определить в пахотном ее слое содержание подвижных форм фосфора по стандартным методикам, а после окончания срока аренды провести аналогичный повторный анализ. После окончания срока аренды определить разницу его содержания между предыдущим и нынешним содержанием, и в случае снижения показателей в почве подвижных форм фосфора - рассчитать необходимое количество стандартного фосфорного удобрения (суперфосфата), которое нужно внести для восстановления утраченного подвижного фосфора, и таким образом возместить нанесенный ущерб. Только в таком случае арендаторы будут бережно относиться к почве, и каждый из них будет осознавать, что владение земельным участком - это, прежде всего, ответственное отношение к ее плодородию, и не будут допускать действий, которые нанесли бы ей вред.

#### ВЫВОДЫ

1. Черноземы обыкновенные малогумусные на лессе тяжелого гранулометрического состава северной Степи имеют значительные запасы валового фосфора, большую часть которого составляют апатитоподобные соединения.

2. Природное содержание доступных растениям соединений фосфора в пахотном слое данной почвы соответствует среднему значению обеспеченности этим элементом питания, что подтверждается рядом фактов, в том числе многочисленными данными о высокой эффективности применения фосфорных удобрений. Поэтому, на всех неокультуренных черноземных почвах Украины без применения соответствующих доз органических или минеральных удобрений невозможно стабильно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур нормативного качества продукции.

3. Повышенной и высокой обеспеченностью фосфором характеризуется только пахотный слой почвы, содержащий остаточные фосфаты удобрений, а также верхний гумусовый горизонт целинных почв. Внесение фосфорных удобрений на этих почвах должно корректироваться по данным почвенной диагностики.

4. Сбалансированная концентрация растворимых фосфатов в почвенном растворе слоя 0-30 см целинных черноземов формируется преимущественно за счет ортокальций фосфата.

5. Подвижность фосфора в ценозах чернозема обыкновенного выше уровня динамического равновесия фосфатных систем почв и составляет 0,17-0,19 мг/л на пахоте и 0,13-0,14 мг/л на целине.

6. Фосфаты железа и алюминия не отражают обеспеченность растений фосфорной кислотой, а лишь дают представление о резервах, которые могут быть мобилизованы.

7. Установлено интенсивное накопление подвижных фосфатов в оптимальных условиях и повышение их подвижности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Прянишников Д. Н. О значении фосфатов для нашего земледелия и о расширении возможностей непосредственного применения фосфоритов. – В кн.: Фосфориты как непосредственное удобрение. – М.: Науч. хим. тех. узд., 1924. – С. 19-30.

- 2 Кудзин Ю.К. Влияние 50-летнего внесения навоза и минеральных удобрений на содержание и состав органического вещества в черноземе // *Агрохимия*. – 1968. – №5. – С. 3-8.
- 3 Кудзин Ю.К., Губенко В.А., Пашова В.Т., Ярошевич И.В. Мобилизация запасов фосфора в черноземе и «зафосфачивание» при длительном применении удобрений // *Агрохимия*. – 1970. – №7. – С. 31-37.
- 4 Соколов А.В. *Агрохимия фосфора*. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 150 с.
- 5 Туева О.Ф. *Фосфор в питании растений*. – М.: Наука, 1966. – 296 с.
- 6 Чумаченко И.Н. Симпозиум «Совершенствование методологии исследования фосфатного режима почв, оптимизация питания растений и баланс фосфора в агроэкосистемах / И. Н. Чумаченко, Ф. В. Янишевский // *Агрохимия*. – 1999. – №1. – С. 94-96.
- 7 Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / За ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. – К., 2013. – 104 с.
- 8 Булаев В. Е., Булаева В. Г. Миграция азота и фосфора из очагов удобрений // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1977. – №9. – Т.15. – С. 71-75.
- 9 Дмитренко П.А. Фосфатный режим почв Украинской ССР и приемы его улучшения /П.А. Дмитренко // *Труды почвенного ин-та им. В.В. Докучаева*. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – Т.1. – С. 152-274.
- 10 Носко Б.С. Регулирование фосфатного режима основных типов почв УССР // *Почвоведение*. – 1987. – №5. – С. 26-32.
- 11 Адерихин П.Г. Поглощение фосфат ионов почвами и растениями // *Почвоведение*. – 1967. – №6. – С. 84-89.
- 12 Горбунов Н.И. Значение химического состава, дисперсности и структуры минералов для поглощения фосфора // *Почвоведение*. – 1970. – №12. – С. 142-153.
- 13 Попович Л.П. Фосфатное состояние почвы // *Почвоведение*. – 1992. – №10. – С. 24-28.
- 14 Маккелви В.Е. Фосфор в окружающей среде/В.Е. Маккелви/ Под ред. Э. Гриффита. – М.: Мир, 1977. – С. 24-46.
- 15 Муромцев Г.С. Методы изучения растворения фосфатов микроорганизмами / Г.С. Муромцев / *Микробиология*. – 1957. – Т.26. – Вып. 2. – С. 172-178.
- 16 Носко Б.С. Фосфор у землеробстві України / Б.С. Носко // *Вісник аграрної науки*. – 2004. – №7. – С. 14-17.
- 17 Христенко А.О. Діагностика вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунтах / А.О. Христенко // *Вісник аграрної науки*. – 1998. – №4. – С. 21-25.
- 18 Христенко А.О. Оцінка фосфорного стану ґрунтів на основі Міжнародного стандарту /А.О. Христенко, М.Є. Лазебна // *Вісник аграрної науки*. – 2008. – №10. – С. 16-19.
- 19 Христенко А.О. Експертна оцінка забезпеченості орних земель України макроелементами живлення рослин // *Вісник аграрної науки*. – 2016. – №1. – С. 18-22.
- 20 Медведєв В.В. Проблема фосфору в Україні та шляхи її розв'язання // *Вісник аграрної науки*. – 2000. – №7. – С. 82-84.
- 21 Hammond J. P. Changes in gene expression in Arabidopsis shoots during phosphate starvation and potential for developing smart plants / J.P. Hammond, M. J. Bennett, H.C. Bowen et al. // *Plant Physiol*. – 2003. – V. 132. – №2. – P. 578-596.

22 Khristenko A.A. Ivanova S. E. Diagnosis accuracy improvement of the phosphate status of Ukrainian soils / A.A. Khristenko, S. E. Ivanova // Better crops. -2012. - Vol. 96. - № 2. - P. 5-7.

23 Leal J.E. Evaluation of available P with different extractants on Guatemalan soils / J.E. Leal, M.E. Summer, L.T. West // Commun. Soil Sci. and Plant Anal. - 1994. - V.25. - № 9-10. - P. 1161-1196.

24 Швартау В.В. Особенности реакции растений на дефицит фосфора / В.В. Швартау, Б.И. Гуляев / Физиология и биохимия культурных растений. - 2009. - Т.41. - №3. - С. 208-220.

25 Носко Б.С., Христенко А.О., Бабикин В.І. Використання нетрадиційних сировинних ресурсів у сільському господарстві: Зб. наукових статей і доповідей. - Луцьк: Надстир'я, 1997. - С. 18-20.

26 Христенко А.О. Розробка стандарту України та методи визначення рухомих сполук фосфору і калію в ґрунтах // Вісник аграрної науки. - 2003. - №6. - С. 9-13.

27 Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. - К.:Урожай, 1990. - 224 с.

28 Христенко А.А. Проблемы изучения фосфорного состояния почв / А.В. Христенко // Агрохимия. - 2001. - №6. - С. 89-95.

29 Заречний В.Г., Карпович Е.О., Воробйова І.П. Виробництво фосфоровмісних мінеральних добрив підприємствами України та їх використання в сільському господарстві [монографія]. - Суми, Університетська книга, 2004. - 180 с.

30 Христенко А.А. Использование Национальных стандартов для диагностики азотного, фосфорного и калийного состояния почв // Агрохимия. - 2014. - №7. - С. 60-68.

31 Христенко А.О. Рухомість «рухомих» елементів живлення у ґрунті // Вісник аграрної науки. - 2009. - №8. - С. 16-20.

32 Носко Б.С., Лісовий М.В., Кучер Н.О., Можейко М.Б. Поживний режим чорноземів і шляхи його оптимізації // «Як зберегти і підвищити родючість чорноземів». - К.: Урожай, 1984. - С. 80-85.

33 Носко Б.С. Сучасний стан та перспективні напрямки досліджень в агрохімії / Б.С. Носко // Вісник аграрної науки. - 2002. - №9. - С. 9-12.

34 ДСТУ4114-2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію в модифікації Мачігіна. - К.: Державний комітет з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. - 11 с.

35 Метіліді В.С., Щепель В. Сировинна база фосфатів України // Мінеральні ресурси України. - 1999. - №2. - С. 267-269.

36 Щегров Л.М. Перспективний шлях виробництва фосфорних добрив в Україні / Л. М. Щегров, Н.М. Антрапцев та ін. // Вісник аграрної науки. - 2001. - №9. - С. 13-15.

#### REFERENCES

1 Pryanishnikov D. N. O znachenii fosfatov dlya nashego zemledeliya i o rasshirenii vozmozhnostey neposredstvennogo primeneniya fosforitov. - V kn.: Fosfority kak neposredstvennoye udobreniye. - M.: Nauch. khim. tekhn. uzd., 1924. - S. 19-30.

2 Kudzin Yu.K. Vliyaniye 50-letnego vneseniya navoza i mineralnykh udobreny na sodержaniye i sostav organicheskogo veshchestva v chernozeme // Agrokhimiya. - 1968. - №5. - S. 3-8.

- 3 Kudzin Yu.K., Gubenko V.A., Pashova V.T., Yaroshevich I.V. Mobilizatsiya zapasov fosfora v chernozeme i «zafosfachivaniye» pri dlitelnom primenenii udobreny // *Agrokhimiya*. – 1970. – №7. – S. 31-37.
- 4 Sokolov A.V. *Agrokhimiya fosfora*. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1950. – 150 s.
- 5 Tuyeva O.F. *Fosfor v pitanii rasteny*. – M.: Nauka, 1966. – 296 s.
- 6 Chumachenko I.N. Simpozium «Sovershenstvovaniye metodologi issledovaniya fosfatnogo rezhima pochv, optimizatsiya pitaniya rasteny i balans fosfora v agroekosistemakh / I. N. Chumachenko, F. V. Yanishevsky // *Agrokhimiya*. – 1999. – №1. – S. 94-96.
- 7 Metodika provedennya agrokhimichnoi pasportizatsii zemel silskogospodarskogo priznachennya: kerivny normativny dokument / Za red. I.P. Yatsuka, S.A. Balyuka. – K., 2013. – 104 s.
- 8 Bulayev V. Ye., Bulayeva V. G. Migratsiya azota i fosfora iz ochagov udobreny // *Khimiya v selskom khozyaystve*. – 1977. – №9. – T.15. – S. 71-75.
- 9 Dmitrenko P.A. Fosfatny rezhim pochv Ukrainiskoy SSR i priyemy ego uluchsheniya /P.A. Dmitrenko // *Trudy pochvennogo in-ta im. V.V. Dokuchayeva*. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. – T.1. – S. 152-274.
- 10 Nosko B.S. Regulirovaniye fosfatnogo rezhima osnovnykh tipov pochv USSR // *Pochvovedeniye*. – 1987. – №5. – S. 26-32.
- 11 Aderikhin P.G. Pogloshcheniye fosfat ionov pochvami i rasteniyami // *Pochvovedeniye*. – 1967. – №6. – S. 84-89.
- 12 Gorbunov N.I. Znacheneye khimicheskogo sostava, dispersnosti i struktury mineralov dlya pogloshcheniya fosfora // *Pochvovedeniye*. – 1970. – №12. – S. 142-153.
- 13 Popovich L.P. Fosfatnoye sostoyaniye pochvy // *Pochvovedeniye*. – 1992. – №10. – S. 24-28.
- 14 Makkelvi V.E. Fosfor v okruzhayushchey srede/V.E. Makkelvi/ Pod red. E. Griffita. – M.: Mir, 1977. – S. 24-46.
- 15 Muromtsev G.S. Metody izucheniya rastvoreniya fosfatov mikroorganizmami / G.S. Muromtsev / *Mikrobiologiya*. – 1957. – T.26. – Vyp. 2. – S. 172-178.
- 16 Nosko B.S. Fosfor u zemlerobstvi Ukraïni / B.S. Nosko // *Visnik agrarnoi nauki*. – 2004. – №7. – S. 14-17.
- 17 Khristenko A.O. Diagnostika vmistu rukhomikh spoluk fosforu v rrunтах / A.O. Khristenko // *Visnik agrarnoi nauki*. – 1998. – №4. – S. 21-25.
- 18 Khristenko A.O. Otsinka fosfornogo stanu rrunтив na osnovi Mizhnarodnogo standartu /A.O. Khristenko, M.E. Lazebna // *Visnik agrarnoi nauki*. – 2008. – №10. – S. 16-19.
- 19 Khristenko A.O. Yekspertna otsinka zabezpechenosti ornikh zemel Ukraïni makroyelementami zhivlennya roslin // *Visnik agrarnoi nauki*. – 2016. – №1. – S. 18-22.
- 20 Medvedev V.V. Problema fosforu v Ukraïni ta shlyakhi її rozv'yazannya // *Visnik agrarnoi nauki*. – 2000. – №7. – S. 82-84.
- 21 Hammond J. P. Changes in gene expression in Arabidopsis shoots during phosphate starvation and potential for developing smart plants / J.P. Hammond, M. J. Bennett, H.C. Bowen et al. // *Plant Physiol*. – 2003. – V. 132. – №2. – P. 578-596.
- 22 Khristenko A.A. Ivanova S. E. Diagnosis accuracy improvement of the phosphate status of Ukrainian soils / A.A. Khristenko, S. E. Ivanova // *Better crops*. –2012. – Vol. 96. – № 2. – R. 5-7.
- 23 Leal J.E. Evaluation of available P with different extractants on Guatemalan soils / J.E. Leal, M.E. Summer, L.T. West // *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* - 1994. - V.25. - № 9-10. - P. 1161-1196.

24 Shvartau V.V. Osobennosti reaktsii rasteny na defitsit fosfora / V.V. Shvartau, B.I. Gulyaev / Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteny. – 2009. – T.41. – №3. – S. 208-220.

25 Nosko B.S., Khristenko A.O., Babikin V.I. Viktoristannya netraditsiynikh sirovinnikh resursiv u silskomu gospodarstvi: Zb. naukovikh statey i dopovidey. – Lutsk: Nadstir'ya, 1997. – S. 18-20.

26 Khristenko A.O. Rozrobka standartu Ukraïni ta metodi viznachennya rukhomikh spoluk fosforu i kaliyu v rruntyakh // Visnik agrarnoi nauki. – 2003. – №6. – S. 9-13.

27 Nosko B.S. Fosfatny rezhim rruntyv i effektivnist dobriv. – K.:Urozhay, 1990. – 224 s.

28 Khristenko A.A. Problemy izucheniya fosfornogo sostoyaniya pochv / A.V. Khristenko // Agrokhimiya. – 2001. – №6. – S. 89-95.

29 Zarechny V.G., Karpovich Ye.O., Vorobyova I.P. Virobnitstvo fosforovmisnikh mineralnikh dobriv pidpriemstvami Ukraïni ta ikh vikoristannya v silskomu gospodarstvi [monografiya]. – Sumi, Universitetska kniga, 2004. – 180 s.

30 Khristenko A.A. Ispolzovaniye Natsionalnykh standartov dlya diagnostiki azotnogo, fosfornogo i kalynogo sostoyaniya pochv // Agrokhimiya. – 2014. – №7. – S. 60-68.

31 Khristenko A.O. Rukhomist «rukhomikh» elementiv zhivlennya u rrunty // Visnik agrarnoi nauki. – 2009. – №8. – S. 16-20.

32 Nosko B.S., Lisovy M.V., Kucher N.O., Mozheyko M.B. Pozhivny rezhim chornozemiv i shlyakhi yogo optimizatsii // «Yak zberegti i pidvishchiti rodyuchist chornozemiv». – K.: Urozhay, 1984. – S. 80-85.

33 Nosko B.S. Suchasny stan ta perspektivni napryamki doslidzhen v agrokhimii / B.S. Nosko // Visnik agrarnoi nauki. – 2002. – №9. – S. 9-12.

34 DSTU.4114-2002. Grunti. Viznachennya rukhomikh spoluk fosforu i kaliyu v modifikatsii Machigina. – K.: Derzhavny komitet z pitan tekhnichnogo reguluvannya ta spozhivchoi politiki, 2002. – 11 s.

35 Metilidi V.S., Shchepel V. Sirovinna baza fosfativ Ukraïni // Mineralni resursi Ukraïni. – 1999. – №2. – S. 267-269.

36 Shchegrov L.M. Perspektivny shlyakh virobnitstva fosfornikh dobriv v Ukraïni / L. M. Shchegrov, N.M. Antraptsev ta in. // Visnik agrarnoi nauki. – 2001. – №9. – S. 13-15.

#### ТУЙІН

<sup>1</sup>Крамарев С.М., <sup>1</sup>Пашова В.Т., <sup>1</sup>Мыцык А.А., <sup>1</sup>Хорошун К. А., <sup>2</sup>Крамарев А.С.

КӘДІМГІ ҚАРА ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ФОСФАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОНЫ  
ЖАҚСARTУДЫҢ ҚАРЖЫЛЫҚ МЕХАНИЗМІ

<sup>1</sup>Днепропетр мемлекеттік аграрлық-экономикалық университеті;

49600, Днепропетровск қ., Сергей Ефремов көшесі, 25 үй, Украина,

e-mail: kramaryov@yandex.ua, kramaryovsm@yandex.ua

<sup>2</sup>Украина АҒҰА аграрлық экономика институты,

03127, Киев қ., Герои Обороны көшесі, 10 үй, Украина

Ұзақ уақыт бойы антропогенді факторлардың әсерлеріне ұшыраған ауыр саздақты (балшықты) кәдімгі қара топырақтардағы жылжымалы фосфор түрлерінің мөлшерінің өзгеруіне зерттеу жұмыстары жүргізілген. Осы мақсатқа байланысты, екі топырақ кескінінде: тың және тыңайған жерлерде агрохимиялық көрсеткіштері бойынша салыстырмалы бағалау жұмыстары орындалды. Жырту қабатында, әсіресе топырақтың

жоғары қабатында жылжымалы фосфор түрлерімен қамтамасыз ету деңгейі азайғаны байқалды. Топырақта фосфордың жылжымалы түрлері техногенді ауыр металдармен ластану кезінде, демек фосфор әлсіз ерігіш тұздар түзіп, оның топырақ құрамындағы мөлшері тым азайып кетеді. Сондықтан, осы топырақтардағы фосфордың жылжымалы түрлерінің мөлшерлеріне көңіл аударған жөн және оларға тиісті әдістемелер қолдануды анықтау қажет.

Ауыл шаруашылық дақылдардың фосформен қоректенуін жақсарту мәселелерін шешу үшін қаржылық механизмі әзірленіп, ұсынылды.

*Түйінді сөздер:* топырақ, тыңайтқыштар, фосфордың жалпы және жылжымалы түрлері, деградация, құнарлылық.

#### SUMMARY

<sup>1</sup>Kramarev S.M., <sup>1</sup>Pashova V.T., <sup>1</sup>Mitsik A.A., <sup>1</sup>Khoroshun K.A., <sup>2</sup>Kramarev A.S.,  
PHOSPHATE STATUS OF ORDINARY CHERNOZEMS AND THE FINANCIAL MECHANISM  
FOR ITS IMPROVEMENT

*<sup>1</sup>Dnepropetrovsk State Agrarian and Economic University,*

*49600, Dnepropetrovsk, 25, Yefremov st., Ukraine*

*e-mail: kramaryov@yandex.ua, kramaryovsm@yandex.ua*

*<sup>2</sup>Institute of Agrarian Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine,*

*03127, Kyiv, 10, Geroy Oborony st., Ukraine*

A study of the change in the content of mobile forms of phosphorus in chernozems of ordinary heavy loams under the influence of prolonged exposure to anthropogenic factors was made. Comparative evaluation of agrochemical parameters of two soil profiles is given: plowing and virgin soil. On plowing, there was a decline in the level of soil availability with mobile forms of phosphorus, especially in the upper layers. At the same time, the content of mobile forms of phosphorus in the soil is greatly reduced under technogenic contamination with heavy metals, with which phosphorus forms poorly soluble salts. Therefore, special attention should be paid to the content in these soils of mobile forms of phosphorus, for the determination of which it is necessary to apply standard techniques.

A financial mechanism for solving the problem of improving the phosphorus nutrition of plant crop.

*Key words:* soils, fertilizers, total and mobile forms of phosphorus, degradation, fertility.