

УДК 631.416.2:631.465:631.445.42(477.62)

## ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ И АКТИВНОСТЬ ФОСФАТАЗЫ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ<sup>§</sup>

© 2025 г. Д. В. Сыщиков<sup>1,\*</sup>, А. С. Березовский<sup>1</sup>, И. В. Агурова<sup>1</sup><sup>1</sup>Донецкий ботанический сад  
283023 Донецк, просп. Ильича, 110, ДНР, Россия

\*E-mail: 2007dmitry@rambler.ru

Изучили фосфатный режим и степень обеспеченности почв сельскохозяйственных угодий подвижными фосфатами, а также определили фосфатазную активность обследованных почв как диагностический признак содержания подвижного фосфора в почве. Исследование проводили на модельных участках различной степени деградации, расположенных в южной части Шахтерского р-на ДНР. Установлено снижение содержания подвижного фосфора на всех модельных участках по сравнению с показателями зональной почвы. Наиболее негативная тенденция, связанная со снижением содержания этого элемента относительно контроля, была отмечена в пахотном горизонте участков 2, 7 (на 45.8–47.2%), что было обусловлено значительным выносом элементов минерального питания культурами, формирующими значительную фитомассу, такими как *Helianthus annuus* L., *Zea mays* L. В почвах участков 2 и 4 была зафиксирована максимальная активность фосфатазы, составлявшая 210–346% по отношению к показателям зональной почвы, что было связано с недостатком обменного фосфора в почве и дополнительным выделением ферментов микроорганизмами и растениями. Почвы большинства модельных участков 2, 4, 6, 7 характеризовались “высоким” уровнем фосфатазной активности, для участков 3 и 5 показатели активности были оценены как “средние”. Для всех изученных модельных участков получены данные, показывающие снижение содержания подвижного фосфора и фосфатазной активности с глубиной почвенного профиля.

**Ключевые слова:** фосфатаза, подвижный фосфор, деградация, модельный участок.

**DOI:** 10.31857/S0002188125020025, **EDN:** VBVWKR

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве в условиях планирования выращивания тех или иных сельскохозяйственных культур важным аспектом является недопущение снижения почвенного плодородия. Для получения урожая и рационального использования плодородия существенное место отводится присутствию в почве достаточного количества элементов минерального питания, в том числе подвижного фосфора. Дефицит этого элемента может приводить к нарушению синтеза и распада органических веществ [1].

Фосфор относится к одному из главных макро-элементов, необходимых для роста и развития

растений, поскольку участвует в синтезе белков и углеводов, отвечает за рост и развитие корневой системы, а также за созревание урожая [2, 3]. Отличительная особенность окультуренных черноземов – формирование гумусового профиля, фосфатного и азотного фондов [4]. Мониторинг содержания подвижного фосфора в пахотных землях дает возможность контролировать состояние и оценивать уровень их плодородия, особое внимание уделяется проведению долгосрочных исследований [5].

Коэффициент использования фосфора, находящегося в почвах, варьирует в очень узком диапазоне и составляет для разных растений 7–21% [6]. Это связано с тем, что в почвах фосфор накапливается в виде сложных молекул органических соединений, а также в виде нерастворимых комплексов с кальцием, железом и алюминием и не может быть использован растениями без предварительного расщепления этих соединений и перевода ионов фосфора в растворимое состояние. Поступающий в почву фосфор

<sup>§</sup> Работа выполнена в рамках госзадания Донецкого ботанического сада по теме FREG-2023-0002 “Качественные и функциональные характеристики почв сельскохозяйственных угодий в степной зоне и пути восстановления их биологической продуктивности”, № 123101300198-3.

взаимодействует с ее составными частями и закрепляется в ней в основном в виде органических соединений [7, 8].

В конечном итоге фосфорное питание растений зависит не только от запасов фосфора в почве, но и от активности ряда ферментов, участвующих в переводе нерастворимых фосфатов в подвижные формы. Процесс перевода фосфора в доступное состояние выполняется группой гидролитических ферментов — фосфатаз, присутствующих в почве в результате жизнедеятельности высших растений, а также почвенной микро- и мезофауны [9, 10].

Фосфатазы относятся к группе ферментов, катализирующих гидролиз ортофосфорных эфиров различных спиртов и фенолов, фосфорорганических соединений, составляющих 20–80% всех запасов фосфора почвы. Фосфатазы осуществляют биохимическую мобилизацию органического фосфора — он переводится в доступные для растений формы. Гидролиз идет по фосфорно-эфирным связям с отщеплением остатков ортофосфорной кислоты [6].

Рядом авторов показано, что фосфатаза продуцируется при недостатке фосфора и ингибируется при повышении его доступности. Оптимальный интервал рН для перевода фосфора в доступное состояние составляет 5.6–7.2 ед. [8, 11, 12, 13].

В России темпы истощения почв по содержанию доступного фосфора растут с каждым годом. Например, более 70% пахотных земель в недостаточной степени обеспечены фосфатами, в связи с чем нуждаются в дополнительном внесении удобрений [1].

Рядом авторов выявлена средняя связь между активностью фосфатазы и содержанием подвижного фосфора. Органическая и органо-минеральная системы удобрения повышают содержание доступных форм фосфора. Показано, что определение активности фосфатазы позволяет оперативно выявлять дефицит доступных форм фосфора, и ее можно использовать для диагностики фосфатного режима почв [6].

Установлено, что общее содержание фосфора не подвергается резким изменениям даже в результате длительного сельскохозяйственного использования земель, тогда как содержание подвижного фосфора может меняться в широком диапазоне [14]. В связи с этим подвижные формы фосфора представляют особый интерес, т.к. они заметно изменяются в пространстве и во времени, а по их количеству можно судить об обеспеченности почв и растений фосфором.

Цель работы — изучить фосфатный режим и степень обеспеченности почв сельскохозяйственных угодий подвижными фосфатами, а также определить фосфатазную активность обследованных почв, как диагностического признака содержания подвижного фосфора в почве.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись почвы. Исследование проводили на модельных участках различной степени деградации южной части Шахтерского р-на ДНР. При их выборе учитывали такие факторы, как распространенность типа нарушения в пределах района исследования, степень антропогенной трансформации, тип возделываемой культуры. Отбор проб почвы проводили в сентябре 2023 г.

**Участок № 1.** Участок со степной растительностью, режим абсолютного заповедания (с. Самсоново, Новоазовский р-н, 47°17'18.42" с.ш., 38°10'47.75" в.д.). Общее проективное покрытие (ОПП) — 95–100%, доминируют *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Inula germanica* L., также представлены *Marrubium praecox* Janka, *Vicia tenuifolia* Roth, *Phlomis pungens* Willd., *Galatella dracunculoides* (Lam.) Nees, *G. villosa* (L.) Rchb. f., *Salvia nutans* L., *Adonis wolgensis* Steven ex DC., *Stipa grafiiana* Steven, *Filipendula vulgaris* Moench, *Thalictrum minus* L., *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Plantago urvillei* Opiz, *Vinca herbacea* Waldst. & Kit.

**Разрез № 1.** Чернозем обыкновенный мощный среднегумусный. Горизонт А — 0–43 см. Почва — влажная, темно-коричневая однородная, среднесуглинистая, ореховато-комковатая, умеренно плотная. Новообразований и включений не отмечено. Густые мелкие корни. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету и структуре.

Горизонт В — почва свежая, светло-коричневая неоднородная, среднесуглинистая, среднезернистая, умеренно плотная. Новообразований и включений не отмечено. Единичные крупные корни. Прослежен до глубины 84 см.

**Участок № 2.** Склоновый участок поля под подсолнечником однолетним сорта Анюта (*Helianthus annuus* L.) (с. Верхняя Крынка, Шахтерский р-н, 48°10'47.9" с.ш., 38°08'58.0" в.д.).

**Разрез № 2.** Чернозем обыкновенный среднесмытый слабо гумусированный. Горизонт А — 0–21 см. Почва свежая, светло-коричневая, однородная, среднесуглинистая, порошистая, слабоуплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Редкие корни. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету.

Горизонт В — почва свежая, темно-коричневая, однородная, среднесуглинистая, порошистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Мало корней. Прослежен до глубины 40 см.

**Участок № 3.** Поле под мягкой пшеницей сорта Дарина (*Triticum aestivum* L.), 2-й год монопосева (с. Ровное, Шахтерский р-н, 48°06'28.8" с.ш., 38°33'51.9" в.д.).

**Разрез № 3.** Почва — чернозем обыкновенный малогумусный. Горизонт А — 0–26 см. Почва свежая,

черная, однородная, среднесуглинистая, зернистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт В ясный, волнистый по цвету и структуре.

Горизонт В — почва свежая, коричневая, однородная, среднесуглинистая, зернисто-порошистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Слабое вскипание с глубины 34 см. Мало корней. Прослежен до глубины 38 см.

*Участок № 4.* Поле под мягкой пшеницей сорта Дарина (*Triticum aestivum* L.), первый год после кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.) (с. Ровное, Шахтерский р-н, 48°06'21.9" с.ш. 38°33'57.5" в.д.).

*Разрез № 4.* Почва — чернозем обыкновенный слабо гумусированный. Горизонт А — 0–27 см. Почва свежая, светло-черная, однородная, среднесуглинистая, зернисто-порошистая, плотная. Отмечены ходы землероев. Много корней. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету.

Горизонт В — почва свежая, темно-коричневая, однородная, среднесуглинистая, зернисто-порошистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Мало корней. Прослежен до глубины 36 см.

*Участок № 5.* Склоновый участок поля под мягкой пшеницей сорта Дарина (*Triticum aestivum* L.) (с. Рассыпное, Шахтерский р-н, 48°08'43.5" с.ш. 38°35'49.3" в.д.).

*Разрез № 5.* Почва — чернозем обыкновенный среднесмытый малогумусный. Горизонт А — 0–28 см. Почва свежая, черная, однородная, среднесуглинистая, ореховато-зернистая, слабоуплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Бурное вскипание с поверхности по всему профилю. Много корней. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету и структуре.

Горизонт В — почва свежая, буро-черная, неоднородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, слабоуплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Мало корней. Прослежен до глубины 43 см.

*Участок № 6.* Склоновый участок поля под паром после мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) (с. Рассыпное, Шахтерский р-н, 48°08'46.6" с.ш. 38°35'43.7" в.д.).

*Разрез № 6.* Почва — чернозем обыкновенный среднесмытый малогумусный. Горизонт А — 0–29 см. Почва — свежая, светло-черная, однородная, среднесуглинистая, зернистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету.

Горизонт В — почва свежая, темно-коричневая, среднесуглинистая, зернистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют. Прослежен до глубины 46 см.

*Участок № 7.* Склоновый участок поля под паром после кукурузы обыкновенной сорта Яровец 243 МВ (*Zea mays* L.) (с. Рассыпное, Шахтерский р-н, 48°08'38.7" с.ш. 38°35'49.9" в.д.).

*Разрез № 7.* Почва — чернозем обыкновенный среднесмытый слабо гумусированный. Горизонт А — 0–22 см. Почва свежая, бурая, однородная, среднесуглинистая, порошистая, рыхлая. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету.

Горизонт В — почва свежая, светло-коричневая, среднесуглинистая, порошистая, рыхлая. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют. Прослежен до глубины 37 см.

Описание почвенных разрезов проводили согласно общепринятым методикам [15, 16]. Отбор почвенных образцов проводили по почвенным горизонтам в трехкратной повторности из каждого горизонта отдельно из 3-х пробных разрезов на каждом участке [17]. Определение подвижных форм фосфора проводили по методу Чирикова [18]. Активность фосфатазы исследовали методом Галстяна—Арутюняна [19]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятым методам параметрической статистики на 95%-ном уровне значимости по методикам [20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении содержания подвижных фосфатов было установлено, что их содержание в почвах модельных участков различалась как по профилю почвы, так и в вариантах (табл. 1).

Проведенное исследование показало, что на характер распределения подвижных фосфатов существенное влияние оказывало положение поля в системе севооборота, возделываемая культура и культура-предшественник, однако общей тенденцией являлось снижение содержания соединений фосфора относительно показателей зональной почвы. Наибольшей интенсивности (в среднем на 46%) отмеченное уменьшение достигало в пахотном горизонте участков №№ 2, 7 как с выращиванием культур, формирующих значительную фитомассу (подсолнечник, кукуруза), и, следовательно, характеризующихся высоким уровнем выноса элементов минерального питания растений, так и в паровом звене севооборота после них. Бессменное возделывание зерновых и использование в качестве предшественника кукурузы (участки №№ 3, 4) привели к несколько меньшему снижению содержания подвижных фосфатов (на 32–36%) по сравнению с контролем. Несмотря на неблагоприятное расположение участков №№ 5, 6 в элементах рельефа, в почве их пахотного горизонта зафиксирован максимальный уровень аккумуляции подвижных фосфатов по сравнению с другими модельными участками, что

**Таблица 1.** Содержание подвижных фосфатов в почвах агроценозов, мг  $P_2O_5/100$  г почвы

Участок/ горизонт	$M \pm m$	% к контролю	$T_{st}$
№ 1/A	$9.62 \pm 0.19$	—	—
№ 1/B	$7.39 \pm 0.16$	—	—
№ 2/A	$5.08 \pm 0.19$	52.8	16.9
№ 2/B	$4.21 \pm 0.2$	56.9	12.5
№ 3/A	$6.13 \pm 0.19$	63.7	13.0
№ 3/B	$4.39 \pm 0.24$	59.3	10.4
№ 4/A	$6.49 \pm 0.23$	67.5	10.5
№ 4/B	$4.33 \pm 0.08$	58.6	17.1
№ 5/A	$7.53 \pm 0.23$	78.2	7.0
№ 5/B	$5.17 \pm 0.27$	69.9	7.2
№ 6/A	$7.0 \pm 0.19$	72.8	9.7
№ 6/B	$4.34 \pm 0.08$	58.7	17.5
№ 7/A	$5.21 \pm 0.31$	54.2	12.2
№ 7/B	$3.38 \pm 0.04$	45.7	24.6

Примечание.  $M$  — средняя величина признака,  $m$  — ошибка среднего, % — величина превышения показателя по отношению к аналогичным почвенным горизонтам участка № 1,  $T_{st}$  — критерий Стьюдента. То же в табл. 2.

выражалось в статистически достоверном снижении концентрации соединений фосфора всего на 22–27% относительно зональной почвы.

Наряду с этим установлено, что для изученных модельных участков различие в содержании подвижных фосфатов в почвенных горизонтах, обусловленное особенностями инфильтрации, кислотностью, концентрацией полуторных окислов, способствующих фиксации фосфора, обуславливало значительное снижение их содержания с глубиной почвенного профиля (табл. 1). Однако в нижележащих генетических горизонтах почв всех модельных участков зафиксирована тенденция к распределению подвижных фосфатов по отношению к контрольным показателям, аналогичная показанной для пахотного горизонта.

Максимальная активность фосфатазы была отмечена на модельных участках №№ 2 и 4 и составляла 210–346% по отношению к зональной почве (табл. 2).

По данным ряда исследований, при недостатке в почве доступного фосфора происходит дополнительное выделение ферментов микроорганизмами и растениями, что ведет к увеличению фосфатазной активности [21, 22]. Кукуруза и подсолнечник относятся к группе культур, формирующих большое количество биомассы, и тем самым потребляют значительные количества элементов минерального питания, что и приводит к истощению почвы.

На модельных участках №№ 6 и 7 активность фосфатазы была несколько меньше и составляла 126–203% по отношению к зональной почве. Полученные данные, по нашему мнению, связаны с нахождением

этих участков в паровом звене севооборота и отсутствием выноса подвижных фосфатов из почвы, что и обусловило более низкий уровень ферментативной активности.

Наиболее низкие показатели активности фосфатазы были зафиксированы на участках под пшеницей (участки №№ 3 и 5) и составили 95–135% по отношению к контрольным показателям. При увеличении содержания подвижного фосфора в почве, по мнению некоторых авторов [23, 24], активность фосфатазы уменьшается, что и было подтверждено проведенными нами исследованиями.

Изменение активности фосфатазы по горизонтам имело четкую закономерность. Например, на всех мониторинговых участках ферментативная активность в горизонте А была в 1.27–2.26 раза больше, чем в горизонте В, что свидетельствовало о повышенной активности фермента в пахотном горизонте.

Оценка активности фосфатазы почв модельных участков, согласно шкале сравнительной оценки биологической активности почв по Гапонюк–Малахову [19], показала, что почвы большинства модельных участков (№№ 2, 4, 6, 7) характеризовались “высоким” уровнем активности, тогда как для участков №№ 3 и 5 показатели активности были оценены как “средние”.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что на характер распределения подвижных фосфатов наибольшее влияние

**Таблица 2.** Активность фосфатазы в почвах агроценозов, мг  $P_2O_5$ /10 г почвы/24 ч

Участок/ горизонт	$M \pm m$	% к контролю	$T_{st}$
№ 1/A	$3.1 \pm 0.1$	—	—
№ 1/B	$1.79 \pm 0.13$	—	—
№ 2/A	$7.84 \pm 0.07$	253	48.9
№ 2/B	$6.19 \pm 0.12$	346	24.8
№ 3/A	$4.18 \pm 0.03$	135	15.6
№ 3/B	$2.28 \pm 0.02$	128	3.7
№ 4/A	$6.53 \pm 0.06$	210	38.2
№ 4/B	$4.55 \pm 0.04$	254	19.9
№ 5/A	$2.94 \pm 0.06$	94.9	1.8
№ 5/B	$1.76 \pm 0.16$	98.5	0.1
№ 6/A	$5.12 \pm 0.03$	165	29.3
№ 6/B	$2.26 \pm 0.07$	126	3.2
№ 7/A	$5.27 \pm 0.15$	170	13.2
№ 7/B	$3.63 \pm 0.30$	203	5.6

оказывало положение поля в системе севооборота, возделываемая культура и культура-предшественник. В целом зафиксировано снижение содержания подвижного фосфора на всех модельных участках по сравнению с показателями зональной почвы. Наиболее негативная тенденция, связанная со снижением содержания этого элемента относительно контроля, была отмечена для пахотного горизонта участков №№ 2, 7 (на 45.8–47.2%). Это было обусловлено значительным выносом элементов минерального питания культурами, формирующими значительную фитомассу, такими как *H. annuus*, *Z. mays*. Тем не менее, на участках №№ 2 и 4 была зафиксирована максимальная активность фосфатазы, составлявшая 210–346% по отношению к показателям зональной почвы, что связано с недостатком обменного фосфора в почве и дополнительным выделением ферментов микроорганизмами и растениями. Показано, что почвы большинства модельных участков (№№ 2, 4, 6, 7) характеризовались “высоким” уровнем фосфатазной активности, для участков №№ 3 и 5 показатели активности были оценены как “средние”.

Кроме этого, для всех изученных модельных участков получены данные, показавшие снижение содержания подвижного фосфора и фосфатазной активности с глубиной почвенного профиля, что было связано с особенностями почв участков: инфильтрацией, кислотностью, концентрацией полуторных окислов, способствующих фиксации фосфора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сушеница Б.А. Состояние проблемы фосфора в земледелии // Плодородие. 2006. № 2. С. 11–13.
- Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 235 с.
- Иванов А.Л., Сычев В.Г., Державин Л.М., Адрианов С.Н., Бражникова Н.В., Карпова Д.В., Карпунхин А.И., Кирпичников Н.А., Колончук В.Д., Самойлов Л.Н. Агробιοгеохимический цикл фосфора. М.: РАСХН, 2012. 513 с.
- Nosko B.S. The formation of the agrogenic typical chernozem profile in the Ukrainian forest-steppe after plowing virgin steppe and fallow soils // Euras. Soil Sci. 2013. V. 46. № 3. P. 325–336. DOI: 10.1134/S1064229313030058
- Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Белгородской области // Достиж. науки и техн. АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10201
- Стекольников К.Е., Комова А.В. Фосфатазная активность чернозема выщелоченного и режим фосфатов в стационарном опыте // Изв. Оренбург. ГАУ. 2017. № 3(65). С. 183–188.
- Наими О.И. Влияние гуминового препарата на динамику азота и фосфора в почве при внесении соломы // Мат-лы Международ. научн. экол. конф. “Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности”. Краснодар: КубГАУ, 2018. С. 173–175.
- Наими О.И., Куцерубова О.Ю. Динамика подвижного фосфора в черноземе обыкновенном карбонатном при заправке соломы // Вестн. ДонГАУ. 2018. № 3-1(29). С. 69–75.
- Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М., Лысак Г.В., Марфенина О.Е. Роль

- микроорганизмов в биогеоценотических функциях почв // Почвоведение. 1992. № 6. С. 63–77.
10. *Купревич В.Ф., Шербакова Т.А.* Почвенная энзимология. Минск: Наука и техника, 1966. 274 с.
  11. *Котелев В.В.* Роль микроорганизмов в разложении фосфатов и передвижении фосфора в почве: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: Институт микробиологии АН СССР, 1964. 26 с.
  12. *Наими О.И., Куцерубова О.Ю.* Влияние антропогенных факторов на ферментативную активность чернозема обыкновенного // Пути повыш. эффект-ти орош. землед-я. 2015. № 2(58). С. 58–62.
  13. *Наими О.И., Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Лыхман В.А., Горовцов А.В., Поволоцкая Ю.С., Дубинина М.Н., Патрикеев Е.С.* Фосфатный режим и активность фосфатазы в черноземе обыкновенном при возделывании нута // Агрохим. вестн. 2020. № 3. С. 25–29.  
DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10034
  14. *Русакова И.В.* Ресурсосберегающие технологии использования растительных остатков // Агрохим. вестн. 2012. № 3. С. 40–42.
  15. Методические рекомендации по морфологическому описанию почв / Сост. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н., Герасько Л.И. Томск: Изд-во СО РАН, 1999. 39 с.
  16. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
  17. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
  18. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
  19. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов/нД.: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
  20. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
  21. *Наими О.И., Дубинина М.Н., Матюгин В.А., Лыхман В.А.* Динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного под посевами подсолнечника // Вестн. ДонГАУ. 2023. № 1(47). С. 53–61.
  22. *Хазиев Ф.Х.* Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 203 с.
  23. *Пилецкая О.А., Прокопчук В.Ф.* Фосфатный режим и фосфатазная активность черноземовидной почвы // Вестн. КрасГАУ. 2014. № 8(95). С. 47–50.
  24. *Турусов В.И., Гармашов В.М., Дьячкова Т.И.* Ферментативная активность чернозема обыкновенного в различных севооборотах при разных способах обработки почвы // Агрохимия. 2012. № 9. С. 21–25.

## Phosphate Regime and Phosphatase Activity of Degraded Soils of Agricultural Lands of the Donetsk People's Republic

D. V. Syshchykov<sup>a, #</sup>, A. S. Berezovskiy<sup>a</sup>, I. V. Agurova<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Donetsk botanical garden,  
psosp. Il'icha 110, Donetsk 283023, DPR, Russia  
<sup>#</sup>E-mail: 2007dmitry@rambler.ru

The phosphate regime and the degree of availability of soils of agricultural lands with mobile phosphates were studied, and the phosphatase activity of the surveyed soils was determined as a diagnostic sign of the content of mobile phosphorus in the soil. The study was carried out on model sites of varying degrees of degradation located in the southern part of the Shakhtersky district of the DPR. A decrease in the content of mobile phosphorus was found in all model plots in comparison with the indicators of zonal soil. The most negative trend associated with a decrease in the content of this element relative to the control was noted in the arable horizon of plots 2, 7 (by 45.8–47.2%), which was due to the significant removal of mineral nutrition elements by crops forming a significant phytomass, such as *Helianthus annuus* L., *Zea mays* L. In the soils of sites 2 and 4, the maximum phosphatase activity was recorded, amounting to 210–346% relative to the indicators of the zonal soil, which was due to a lack of exchangeable phosphorus in the soil and additional release of enzymes by microorganisms and plants. The soils of most model sites 2, 4, 6, 7 were characterized by a “high” level of phosphatase activity, for sites 3 and 5, activity indicators were estimated as “average”. For all studied model sites, data were obtained showing a decrease in the content of mobile phosphorus and phosphatase activity with the depth of the soil profile.

**Keywords:** phosphatase, mobile phosphorus, degradation, model site.