

Изменение свойств чернозема южного в процессе сельскохозяйственного использования

Ю. А. Клипакова[✉], И. А. Короткая, Ю. В. Чебанова, Е. М. Денисова

Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия

[✉]E-mail: yu.klipakova@mail.ru

Аннотация. Цель работы – провести оценку агрофизических и агрохимических показателей чернозема южного в стационарном севообороте и залежном состоянии в условиях степной зоны северо-западного Приазовья (Мелитопольский район Запорожской области), а также установить характер изменений, произошедших в почве в зависимости от ведения сельского хозяйства и продолжительности использования земель. **Методы.** По общепринятым методикам на исследуемых полях в горизонтах 0–30 см и 30–60 см отобраны образцы для определения гранулометрического состава, содержания органического вещества, нитрификационной способности и динамики основных элементов питания. **Научная новизна.** Впервые проведена агрофизическая и агрохимическая оценка чернозема южного, который находился в залежном состоянии (15 лет), и дан его сравнительный анализ по отношению к чистому пару в условиях одного хозяйства. **Результаты.** На основе полученных данных установлено, что исследуемые почвы в результате сельскохозяйственной деятельности сильно деградированы, что подтверждается полным отсутствием агрономически ценных агрегатов. Содержание органического вещества по чистому пару и залежным землям по горизонтам 0–30 и 30–60 см составляет 1,57–2,50 %, что является низким показателем. Более высокая нитрификационная способность отмечена по чистому пару – 47,3 мг/кг. Высокая обеспеченность подвижным фосфором отмечена для залежных земель (горизонт 0–30 см – 42 мг/кг P_2O_5 , 30–60 см – 31 мг/кг P_2O_5). В то же время по чистому пару для слоя 30–60 см отмечено снижение подвижного фосфора в 3,5–3,7 раза, где его содержание составило 9 мг/кг относительно других исследуемых горизонтов. Обменный калий по чистому пару и залежным почвам в слое 0–30 см характеризуется как повышенный (305–349 мг/кг) с последующим его снижением по горизонту на 18 % и 30 % соответственно по сравнению с корнеобитаемым слоем.

Ключевые слова: агрохимическая характеристика почвы, чернозем южный, залежные земли, гранулометрический состав, органическое вещество, формы питательных веществ

Благодарности. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках Молодежной научной лаборатории «Рациональное использование биоресурсов и повышение устойчивости агроценозов» в соответствии с тематикой и планом на 2024–2027 гг. (FRRS-2024-0004).

Для цитирования: Клипакова Ю. А., Короткая И. А., Чебанова Ю. В., Денисова Е. М. Изменение свойств чернозема южного в процессе сельскохозяйственного использования // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 530–538. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-530-538>.

Дата поступления статьи: 06.11.2024, **дата рецензирования:** 11.02.2025, **дата принятия:** 14.02.2025.

Changes in the properties of southern chernozem in the process of agricultural use

Yu. A. Klipakova[✉], I. A. Korotkaya, Yu. V. Chebanova, E. M. Denisova

Melitopol State University, Melitopol, Russia

[✉]E-mail: yu.klipakova@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to evaluate agrophysical and agrochemical parameters of southern chernozem in stationary crop rotation and fallow state in the conditions of the steppe zone of the north-western Priazovye (Melitopol district of Zaporozhye region), as well as to establish the nature of changes that occurred in the soil depending on the farming and duration of land use. **Methods.** According to generally accepted methods, samples were selected in the studied fields in horizons 0–30 cm and 30–60 cm to determine the granulometric composition, organic matter content, nitrification capacity, and dynamics of the main nutrition elements. **Scientific novelty.** For the first time, an agrophysical and agrochemical evaluation of southern chernozem, which was in fallow condition (15 years), was carried out, and its comparative analysis was given in relation to pure steam in the conditions of one farm. **Results.** On the basis of the obtained data it was established that the studied soils are strongly degraded as a result of agricultural activity, which is confirmed by the complete absence of agronomically valuable aggregates. The content of organic matter on clean fallow and fallow lands on horizons 0–30 and 30–60 cm is 1.57–2.50 %, which is the low indicator. The higher nitrification capacity was observed on clean fallow – 47.3 mg/kg. High provision of mobile phosphorus was noted for fallow lands (horizon 0–30 cm – 42 mg/kg P₂O₅, 30–60 cm – 31 mg/kg P₂O₅). At the same time, on the clean fallow for layers 30–60 cm, the decrease in 3.5–3.7 times of mobile phosphorus was noted, where its content was 9 mg/kg relative to other studied horizons. Exchangeable potassium in clean fallow and fallow soils in the 0–30 cm layer is characterised as elevated (305–349 mg/kg), with its subsequent decrease in the horizon by 18 % and 30 %, respectively, compared to the root-inhabited layer.

Keywords: agrochemical characteristics of soil, southern chernozem, fallow lands, granulometric composition, organic matter, forms of nutrients

Acknowledgements. The research work was carried out within the framework of the Youth Scientific Laboratory “Rational use of bioresources and increasing the sustainability of agrocenoses” in accordance with the theme and plan for 2024–2027 (FRRS-2024-0004).

For citation: Klipakova Yu. A., Korotkaya I. A., Chebanova Yu. V., Denisova E. M. Changes in the properties of southern chernozem in the process of agricultural use. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 530–538. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-530-538>. (In Russ.)

Date of paper submission: 06.11.2024, **date of review:** 11.02.2025, **date of acceptance:** 14.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Проблемой мирового земельного фонда является деградация сельскохозяйственных земель, в результате которой урожайность сельскохозяйственных культур может снизиться до 50 % [1; 2]. Уровень антропогенной нагрузки на земельные, почвенные и пресноводные ресурсы усиливается настолько, что продуктивность этих систем приближается к своему пределу (доклад СОЛАВ 2021 г.)¹. Именно сельское хозяйство, которое связано с химизацией, механизацией и высокой интенсивностью монокультурного земледелия, оказывает

¹ ФАО. 2021. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. DOI: 10.4060/cb7654ru.

существенную нагрузку на мировые ресурсы [3]. Несмотря на многолетние усилия по искоренению голода, мир далек от решения этой проблемы. Если с 2015 года количество голодающих оставалось неизменным, и составляло 708 млн. чел., то в 2021 году таких людей стало больше (828 млн чел). Увеличение голодающих с 8 % до 9,8 % мирового населения произошло в 2019–2021 годы, причиной чему стали пандемия COVID-19 и военные конфликты [4]. По оценкам ФАО, удовлетворение глобального спроса на сельскохозяйственное сырье и ликвидация голода в мире возможны при наращивании объемов производства сельского хозяйства более чем на 50 %. При этом 80 % дополнительного продовольствия, необходимого для удовлетворения спроса в 2050 году, будет производиться на уже обрабатываемых в настоящее время землях [5].

В сельском хозяйстве задействованы 4750 млн га земли, за счет которых поддерживается сельскохозяйственное производство и формируется 95 % мирового продовольствия. Деградированы в результате деятельности человека 1 660 млн га, а оставшиеся площади относятся к категории земель, характеризующихся ухудшением вследствие естественного и антропогенного воздействий. Следует отметить, что 21 млн га сильно деградированных и 62 млн га незначительно деградированных земель приходится на Восточную Европу и Российскую Федерацию, общая площадью которых составляет 1763 млн га [3; 6].

Глобальные потребности продовольствия привели к ежегодному увеличению (на 2,5 %) производительности сельского хозяйства за счет значительной интенсификации производства, начало которой было положено во второй период «зеленой революции» (50–60-е годы XIX века). Однако интенсивное ведение сельского хозяйства, темп роста населения и состояние экономики приводят к глобальной продовольственной проблеме в мире, постепенное решение которой возможно через устойчивое ведение сельского хозяйства, восполнение затраченных природных ресурсов через эффективность технологий [7]. Таким образом, формирование урожая сельскохозяйственных культур происходит за счет естественного плодородия почв, что приводит к отрицательному балансу питательных и органических веществ, в результате чего создается опасная экологическая ситуация.

Для увеличения эффективности мероприятий по повышению почвенного плодородия и урожайности выращиваемых культур применяются результаты агрохимического обследования почв с дальнейшей разработкой научно обоснованной системы удобрения и рационального природопользования [8]. После выведения площадей из севооборота и прекращения всех видов сельскохозяйственной деятельности в почвенном горизонте происходят изменения, интенсивность которых зависит от многих факторов [9]. Учеными доказано, что через длительный период (20 лет) после замены бессменного пара залежью в черноземе типичном увеличивается содержание элементов: С – на 43 %, Н – на 31 %, N – на 25 %. Восстановление органического углерода происходит очень медленно (около 0,05 % в год) и является основным критерием регулирования гумусового состояния пахотных почв. Содержание макроэлементов (Si, Al, Fe, K, Na), которые составляют основную минеральную часть почвы, существенно не изменялось [10].

Разработка и применение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, направленных на поддержание бездефицитного баланса гумуса, способствуют повышению экологической стабильности

территории и снижению антропогенной нагрузки. Потеря гумуса ежегодно в сельскохозяйственных районах страны в среднем составляет 0,62 т/га, а его содержание в почве за 100 лет снизилось на 30–50 %. Ежегодный прирост эродированных земель составляет 0,4–0,5 млн га и имеет в стране тенденцию к увеличению вследствие эрозии, дефляции, засух и суховеев [11]. В условиях аридизации климата деградация ландшафтов приобретает характер опустынивания [12].

Учеными установлено, что черноземы юга России характеризуются относительно низким содержанием азота и гумуса и существенным его снижением по генетическим горизонтам. В то же время стабильный азотный фонд формируется за счет глубоко проникающей корневой системы растений при благоприятных природно-климатических условиях [13]. Дефицит баланса гумуса пашни можно восполнить за счет увеличения доли гумусообразующих культур и уменьшения доли гумусопотребляющих культур в структуре севооборота. Снижение внесения органических удобрений на 1 га (по данным на 2021 год – 1,2 т), вследствие уменьшения поголовья скота и в целом слаборазвитой отрасли животноводства следует активизировать поступлением органических веществ растительного происхождения в почву, что позволит увеличить эколого-экономическую эффективность землепользования и достигнуть критериев рациональности [14]. В то же время применение минеральных удобрений достаточно стабильно, где по действующему веществу на азотные приходится 2/3, на фосфорные – 1/4, на калийные – 1/6 от общего количества, а южные регионы РФ по объемам внесения занимают лидирующее место. Для достижения более высоких показателей валового сбора зерна и кормов по стране в целом необходимо утроить внесение минеральных удобрений на 1 га пашни (62 кг N, 22 P₂O₅, 34,5 кг K₂O), что будет способствовать положительной интенсивности баланса по основным элементам питания (83–120 %) [15].

Таким образом, при управлении агроэкосистемой, основанной на экологических принципах, возможно получение оптимального количества высококачественной продукции сельскохозяйственного производства и увеличение устойчивости агроэкосистемы с сохранением ее агроресурсов.

Цель работы – провести оценку агрофизических и агрохимических показателей чернозема южного в стационарном севообороте и залежном состоянии в условиях степной зоны северо-западного Приазовья, а также установить характер изменений, произошедших в почве в зависимости от ведения сельского хозяйства и продолжительности использования земель.

Методология и методы исследования (Methods)

В основу исследований положены результаты агрофизического и агрохимического анализа почвенных образцов, отобранных с полей сельскохозяйственного назначения, которые представлены пашней (чистый пар) и залежными землями (15 лет).

Отбор почвенных образцов для исследования проведен на репрезентативных участках Научно-образовательного и производственного центра по выращиванию полевых культур ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», расположенного в с. Лазурное Мелитопольского района Запорожской области (координаты: 46.776936, 34.989242), с учетом типа почв в соответствии с ГОСТ 28168-89. Каждый почвенный образец составляли из точечных проб, равномерно отобранных методом маршрутных ходов в слоях 0–30 и 30–60 см для определения следующих показателей [16]: рН солевой вытяжки – по ГОСТ 26483-85, рН водной вытяжки – по ГОСТ 26423-85, подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина (ГОСТ 26205-91), содержание органического вещества – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-2021), нитратный азот – по ГОСТ 26951-86), аммонийный азот – по ГОСТ 26489-85, нитрификационная способность почвы [17].

Лабораторные исследования почвенных образцов проведены в ФГБУ «ЦАС „Краснодарский“» (протокол испытаний № 79-Д от 24.07.2024 г.).

По климатическим данным метеостанции г. Мелитополь, на которой учет ведется с 1979 года, установлено, что среднегодовая сумма температур выше 10 °С составляет 3400–3500 °С (за период с конца апреля по октябрь). Количество осадков за этот же период – 285 мм, что составляет 60 % от среднегодовой нормы осадков в регионе обследования (481 мм) и характеризует период как засушливый (ГТК = 0,8). Апрель и октябрь считаются достаточно увлажненными (ГТК = 1,0...1,1), май, июнь, сентябрь – засушливыми (ГТК = 0,8...0,9), июль – более засушливый (ГТК = 0,7), август – очень засушливый (ГТК = 0,5). Приход осадков в летний период имеет низкую продуктивность из-за ливневого характера в короткий период времени, что не дает возможности проникнуть влаге в нижние слои почвы, а высокая температура воздуха приводит к их стремительному испарению.

В 2024 году период с февраля по апрель характеризовался малым количеством осадков (6–15 мм), что было ниже среднегодовой нормы на 57–82 % и привело к сильной засухе в апреле (ГТК = 0,1). Выпадение ливневых осадков в мае в количестве 62 мм, что составило 130 % от среднегодовой нормы (ГТК = 1,1), не пополнило запасы продуктивной влаги в почве должным образом. Июнь и июль характеризовались меньшим количеством осадков:

23,4 и 7,2 мм соответственно, что ниже нормы на 57 % и 84 %. Также недостаток осадков отмечен в августе (28 мм) и сентябре (20,0 мм).

Результаты (Results)

Почвы Запорожской области представлены черноземами (обыкновенными и южными), а также темно-каштановыми и каштановыми почвами в комплексе с солончаковыми и солонцами, пойменными, эродированными, осолоделыми. На режим и свойства функционирования черноземов оказывает влияние естественно-антропогенный процесс, в результате которого происходит ряд необратимых изменений. Доказано, что использование севооборотов с доминированием в них культур пшеницы озимой и подсолнечника и традиционной технологии обработки почвы на фоне изменения климатических условий приводят к естественному разрушению структуры почв, снижению запасов органического вещества и продуктивной влаги.

Снижение органического вещества по профилю черноземов южных привело к деградации, что подтверждается их гранулометрическим составом, где полученные нами данные свидетельствуют о полной утрате агрономически ценных агрегатов (таблица 1).

Анализируя полученные величины, следует отметить, что фракция пыль (крупная, средняя и мелкая) составляет в пахотном слое исследуемых образцов 72 %, в том числе 35–39 % пылевой фракции с размером частиц 0,05–0,001 мм. Процесс восстановления почвы при содержании ее в залежном состоянии на фоне высоких температур воздуха и нестабильного увлажнения протекает очень медленно. Это подтверждается низким количеством ценных агрегатов (0,25–10 мм) по исследуемым горизонтам, где по залежным землям этот показатель составляет 5,5–6,3 %, по чистому пару – 5,5–6,8 % (при значениях ниже 20% почвы имеют плохую агрономическую оценку). Такое неудовлетворительное механическое состояние почвы негативно сказывается на урожайности выращиваемых полевых культур, может приводить к возникновению пыльных бурь и выдуванию верхнего слоя. Дефляционные процессы чаще всего возникают при отсутствии растительности, иссушении и обесструктурировании почвы, при скорости ветра 15 м/с, продолжительности более 12 часов, что является характерным для Запорожской области в весенний и осенний периоды года. Установлено, что открытая поверхность черноземов южных карбонатных является дефляционно опасной круглый год, где ранней весной происходит распыление частиц диаметром 0,1–0,5 мм (37 %), а перед уборкой зерновых культур – 50–56 % [18].

Результаты агрохимических исследований чернозема южного стационарного севооборота на примере чистого пара и 15-летней залежи имеют отличия и представлены в таблице 2.

Таблица 1
Структурно-агрегатный состав фракции чернозема южного, %

Слой почвы, см	Более 10 мм	10–2 мм	2–1 мм	1–0,05 мм	0,05–0,001 мм	0,01–0,001 мм	Менее 0,001 мм
Чистый пар							
0–30	0	0	2,29 ± 0,21	4,59 ± 0,32	72,34 ± 6,51	39,41 ± 2,36	20,78 ± 1,25
30–60	0	0	4,27 ± 0,46	2,45 ± 0,20	79,37 ± 5,55	39,48 ± 2,76	15,22 ± 1,07
Залежь, возраст 15 лет							
0–30	0	0	3,98 ± 0,40	2,36 ± 0,21	72,77 ± 5,82	35,98 ± 2,15	20,89 ± 1,25
30–60	0	0	3,51 ± 0,28	2,03 ± 0,16	79,24 ± 4,75	39,99 ± 2,39	15,22 ± 1,11

Table 1
Structural and aggregate composition of the southern chernozem fraction, %

Soil layer, cm	Over 10 mm	10–2 mm	2–1 mm	1–0.05 mm	0.05–0.001 mm	0.01–0.001 mm	Less than 0.001 mm
Clean fallow							
0–30	0	0	2.29 ± 0.21	4.59 ± 0.32	72.34 ± 6.51	39.41 ± 2.36	20.78 ± 1.25
30–60	0	0	4.27 ± 0.46	2.45 ± 0.20	79.37 ± 5.55	39.48 ± 2.76	15.22 ± 1.07
Fallow lands (15 years)							
0–30	0	0	3.98 ± 0.40	2.36 ± 0.21	72.77 ± 5.82	35.98 ± 2.15	20.89 ± 1.25
30–60	0	0	3.51 ± 0.28	2.03 ± 0.16	79.24 ± 4.75	39.99 ± 2.39	15.22 ± 1.11

Таблица 2
Агрохимические показатели чернозема южного, 2024 г.

Слой почвы, см	pH водн.	pH сол.	Органическое вещество, %	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Чистый пар							
0–30	7,6 ± 0,1	7,6 ± 0,1	2,07 ± 0,41	16,2 ± 3,2	Менее 2,0	34,0 ± 7	305 ± 30
30–60	7,1 ± 0,1	8,1 ± 0,1	1,57 ± 0,31	17,4 ± 3,5	Менее 2,0	9 ± 3	215 ± 21
Залежь, возраст 15 лет							
0–30	7,5 ± 0,1	6,4 ± 0,1	2,50 ± 0,50	6,0 ± 2,2	5,1 ± 0,8	42 ± 8	349 ± 35
30–60	8,0 ± 0,1	6,7 ± 0,1	2,14 ± 0,43	6,3 ± 1,8	2,4 ± 0,4	31 ± 6	287 ± 29

Table 2
Agrochemical indicators of southern chernozem, 2024

Soil layer, cm	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Organic matter, %	N-NO ₃ , mg/kg	N-NH ₄ , mg/kg	P ₂ O ₅ , mg/kg	K ₂ O, mg/kg
Clean fallow							
0–30	7.6 ± 0.1	7.6 ± 0.1	2.07 ± 0.41	16.2 ± 3.2	Less than 2.0	34 ± 7	305 ± 30
30–60	7.1 ± 0.1	8.1 ± 0.1	1.57 ± 0.31	17.4 ± 3.5	Less than 2.0	9 ± 3	215 ± 21
Fallow lands (15 years)							
0–30	7.5 ± 0.1	6.4 ± 0.1	2.50 ± 0.50	6.0 ± 2.2	5.1 ± 0.8	42 ± 8	349 ± 35
30–60	8.0 ± 0.1	6.7 ± 0.1	2.14 ± 0.43	6.3 ± 1.8	2.4 ± 0.4	31 ± 6	287 ± 29

По кислотности почва пахотного и подпахотного слоев относятся к слабощелочным (pH = 7,1...8,0). Существенным показателем уровня плодородия и его восстановления является содержание органического вещества по горизонтам. Результаты исследований показали, что существенных отличий по исследуемому показателю не установлено. Однако по чистому пару содержание органического вещества в пахотном горизонте было выше и составляло 2,07 %, а в подпахотном – 1,57 %. В то же время залежь характеризуется невысоким содержанием органического вещества, которое отмечено на уровне 2,5 % в горизонте 0–30 см, что на 21 % превышает аналогичное значение по чистому пару. Следует от-

метить, что содержание органического вещества в слое 30–60 см залежных почв составляло 2,14 %. Таким образом, исследуемые почвы характеризуются как мало- и слабогумусные, а процессы восстановления и пополнения органического вещества залежных земель происходят медленно в результате неравномерного и дефицитного прихода осадков в регионе.

Установлено, что количество нитратного азота по чистому пару было наибольшим, существенных отличий по горизонтам не имело и составляло в среднем 16,8 мг/кг, что характеризуется как высокая обеспеченность азотом и объясняется регулярным поступлением органического вещества в

почву в результате заделки сорной растительности при культивации и бороновании. При содержании чистого пара накопление нитратного азота будет низким, если внесение свежего органического вещества является недостаточным и нерегулярным.

Для исследуемых горизонтов залежи нитратный азот имел стабильно низкое содержание (6,0–6,3 мг/кг), что в 2,7 раза меньше по сравнению с чистым паром, что может быть следствием длительного отсутствия обработки почвы, ее уплотнением, снижением активности почвенных микроорганизмов. Как известно, аммонийный азот маломобилен, т. к. участвует в обменных процессах почвенного поглотительного комплекса и в процессе нитрификации переходит в азот нитратный, чем и объясняется его низкое содержание в почве.

Следует отметить, что наименьшее количество аммонийного азота отмечено по чистому пару (меньше 2 мг/кг), что еще раз подтверждает интенсивность процессов нитрификации и увеличение азота нитратов. Менее активно протекают процесс нитрификации в пахотном горизонте залежной почвы, где количество аммонийного азота составляет 5,1 мг/кг. В слое 30–60 см существенных отличий по данному показателю не установлено.

Отдельное внимание следует уделить нитрификационной способности исследуемой почвы, т. к. именно нитрификационный процесс трансформирует органический азот в азот нитратов и нитритов (рис. 1).

Установлено, что наименьшая интенсивность данного процесса отмечена для залежных земель – 18,4 мг/кг почвы. По чистому пару нитрификационная способность почвы – 47,3 мг/кг, что превышает соответствующие значения по залежным землям на 61 %. Такой уровень нитрификационной способности почвы по чистому пару создается благодаря улучшению водно-физических свойств почвы (плотность сложения, аэрация почвы, накопление продуктивной влаги), поступления органического вещества, что создает благоприятные условия для размножения и работы почвенной биоты.

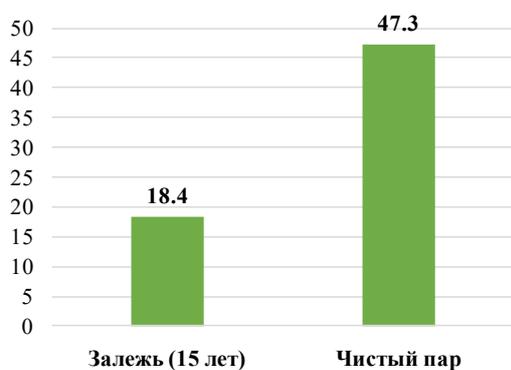


Рис. 1. Нитрификационная способность чернозема южного в зависимости от сельскохозяйственного назначения полей, мг/кг (среднее по горизонту 0–60 см)

Несмотря на достаточные запасы фосфора в черноземных почвах, которые отличаются высоким плодородием и экологической устойчивостью, разные подходы к ведению сельского хозяйства приводят к постоянным изменениям валового фосфора, а также его минеральной формы. Динамика фосфатов в почве определяется низкой растворимостью большинства соединений фосфора, что приводит к длительному последствию фосфорных удобрений. За счет внесения фосфорных удобрений смягчается отрицательное воздействие засухи на культуру и снижается коэффициент водопотребления [19].

В наших исследованиях залежные почвы по исследуемым горизонтам 0–30 и 30–60 см характеризовались повышенной обеспеченностью подвижным фосфором, где данный показатель отмечен на уровне 42 мг/кг и 31 мг/кг соответственно. Также повышенная обеспеченность подвижным фосфором была характерна для корнеобитаемого пахотного слоя (0–30 см) и подпахотного горизонтов залежных земель (30–60 см), но достоверных отличий по этим горизонтам нами установлено не было. Значительное снижение подвижного фосфора отмечено по чистому пару для горизонта 30–60 см, где данный показатель составлял 9,0 мг/кг, что характеризуется очень низкой обеспеченностью данного элемента и в 3,5–3,7 раза меньше по сравнению со всеми изучаемыми горизонтами исследования. Немаловажным является тот факт, что в почвах, насыщенных основаниями, к которым относится чернозем южный, при содержании почвы в 15-летнем залежном состоянии достоверно снижалась величина pH_{KCl} (6,4–6,7) по сравнению с чистым паром (7,6–8,1), что предотвращает образование кислоторастворимых и нерастворимых форм фосфора ($CaHPO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$, $MgHPO_4$).

Таким образом, вынос подвижного фосфора сельскохозяйственными культурами осуществляется по всему профилю, но его поступление в нижние горизонты почвы происходит очень медленно, что объясняется низкой мобильностью форм фосфора в условиях сухого климата.

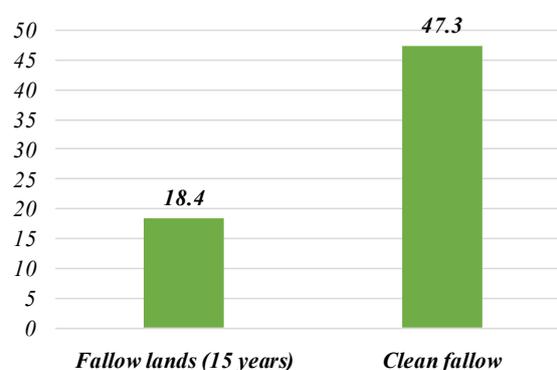


Fig. 1. Nitrification capacity of southern chernozem depending on agricultural purpose of fields, mg/kg (average for 0–60 cm horizon)

Низкая эффективность калийных удобрений почв региона исследования подтверждается анализом данных агрохимической службы Украины (X тур обследования, 2011–2016 гг.), а также материалами исследований ученых ННЦ ИПА имени А. Н. Соколовского, что объясняется высокой обеспеченностью этих почв калием [20; 21]. В связи с этим существенно снизилось внесение как калийных, так и других минеральных удобрений. Доказано, что окупаемость 1 кг K_2O удобрений составляет 6,1 кг зерна пшеницы при среднем ГТК = 1,7 за период с мая по сентябрь, а при снижении значения ГТК до 0,7 окупаемость снижается в 4,4 раза и составляет лишь 1,4 кг. Учитывая величину ГТК в период вегетации сельскохозяйственных культур, низкая агрономическая эффективность внесенного калия на черноземных и темно-каштановых почвах связана не столько с хорошей обеспеченностью этих почв данным элементом, сколько с недостаточной обеспеченностью влагой.

В наших исследованиях обменный калий по чистому пару и залежным почвам в слое 0–30 см находится в диапазоне 305–349 мг/кг и характеризуется как высокий. Несмотря на то что в слое 30–60 см отмечено снижение запасов подвижного калия в залежных почвах и по чистому пару на 18 % и 30 % относительно корнеобитаемого слоя, содержание калия характеризуется как повышенное и составляет 215–287 мг/кг. Таким образом, критических изменений содержания подвижных форм калия в исследуемых горизонтах почв в процессе его сельскохозяйственного использования не установлено, что объясняется высокой емкостью катионного обмена чернозема южного.

Библиографический список

1. Сорокина Е. В., Андреева Н. В., Бобрович Л. В. Антропогенные факторы деградации земель // Наука и образование. 2020. № 3 (4). С. 241–246.
2. Práválie R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet // Earth-Science Reviews. 2021. Vol. 220. Article number 103689. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689.
3. ФАО. 2021. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. DOI: 10.4060/cb7654ru.
4. Гончарова Н. А., Мерзлякова Н. В. Проблемы нехватки продовольствия в мире как мировая проблема // Экономика и предпринимательство. 2021. № 5. С. 342–345.
5. Судакова Г. Ю. Голод и глобализм в диалектическом единстве современных проблем АПК // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2021. С. 1152–1157.
6. Ferreira C. S., Seifollahi-Aghmiuni S., Destouni G., Ghajarnia N., Kalantari Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 805. Article number 150106. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150106.
7. Hossain A., Krupnik T. J., Timsina J., Mahboob M. G., Chaki A. K., Farooq M., Hasanuzzaman M. Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security // In: Sh. Fahad, M. Hasanuzzaman, M. Alam, et al., eds. Environment, climate, plant and vegetation growth. 2020. Springer International Publishing, Cham. Pp. 17–61. DOI: 10.1007/978-3-030-49732-3_2.
8. Башкатова Л. Н., Шмидт А. Г. Трансформация показателей плодородия почв степи Омской области // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2020. № 3 (22). Режим доступа: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2020/3/00857_1.pdf (дата обращения: 30.09.2024).
9. Шарков И. Г., Антипина П. В. Некоторые аспекты углерод-секвестрирующей способности пахотных почв // Почвы и окружающая среда. 2022. Т. 5, № 2. Article number e175. DOI: 10.31251/pos.v5i2.175.

10. Мамонтов В. Г., Рогова О. Б., Панова П. Ю., Беляева С. А. Изменение химического состава чернозема типичного Курской области при переводе бессменного пара в залежь // АгроЭкоИнфо. 2021. № 1. DOI: 10.51419/20211103.

11. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П., Рыбальский Н. Г., Муравьева Е. В., Снакин В. В., Емельянов А. В., Скрипникова Е. В. Использование, сохранение земель и плодородия почв – дело государственное (к 75-летию Государственного плана преобразования природы) // Жизнь Земли. 2023. Т. 45. № 3. С. 379–388. DOI: 10.29003/m3554.0514-7468.2023_45_3/379-388.

12. Hermans K, McLeman R. Climate change, drought, land degradation and migration: exploring the linkages // Current Opinion in Environmental Sustainability. 2021. Vol. 50. Pp. 236–244. DOI: 10.1016/j.cosust.2021.04.013.

13. Кураченко Н. Л., Бопп В. Л. Запасы гумусовых веществ в агрочерноземе при возделывании эспарцета песчаного // Вестник Омского ГАУ. 2022. № 2 (46). С. 31–37. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_2_31.

14. Дубовицкий А. А., Климентова Э. А. Анализ факторов, определяющих величину экологического воздействия сельскохозяйственного производства на земельные ресурсы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 3 С. 381–391. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-381-391.

15. Сычев В. Г., Налиухин А. Н. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожая и воспроизводства плодородия почв России // Плодородие. 2024. № 4. С. 5–10. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01.

16. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Московского государственного университета, 2001. 689 с.

17. Методические указания по определению нитрификационной способности почв. Москва: ВПНО «Сельхозхимия», 1984. 16 с.

18. Волошенкова Т. В., Дридигер В. К., Елифанова Р. Ф., Калашникова А. А., Оганджян А. А. Ветроустойчивость южных карбонатных и обыкновенных черноземов в агролесоландшафтах степной зоны России // Аграрная наука. 2021. Вып. 354 (11-12). С. 104–108. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-104-108.

19. Nowak B. Agriculture: where do we stand? A review of the adoption of precision agriculture technologies on field crops farms in developed countries // Agricultural Research. 2021. Vol. 10. Pp. 515–522. DOI: 10.1007/s40003-021-00539-x

20. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами Х туру (2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження земель. Київ, 2020. 208 с.

21. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління // Український географічний журнал. 2021. № 2 (114). С. 3–11. DOI: 10.15407/ugz2021.02.003.

Об авторах:

Юлия Александровна Клипакова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0001-7256-9579, AuthorID 1211455. E-mail: yu.klipakova@mail.ru

Ирина Александровна Короткая, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0002-5991-0186, AuthorID 761691. E-mail: korotkaya_irina@mgu-mlt.ru

Юлия Васильевна Чебанова, кандидат географических наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0001-8748-9627, AuthorID 1186061. E-mail: yu-chebanova@yandex.ru

Елена Михайловна Денисова, старший преподаватель кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0003-1060-795X, AuthorID 1191734. E-mail: elena_denusova@bk.ru

References

1. Sorokina E. V., Andreeva N. V., Bobrovich L. V. Anthropogenic factors of land degradation. *Science and Education*. 2020; 3 (4): 241–246. (In Russ.)

2. Právělie R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. *Earth-Science Reviews*. 2021; 220: 103689. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689.

3. FAO. 2021. The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point. Solaw 2021. Rome. DOI: 10.4060/cb7654ru. (In Russ.)

4. Goncharova N. A., Merzlyakova N. V. Problems of food scarcity in the world as a global problem. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2021; 5: 342–345. (In Russ.)

5. Sudakova G. Yu. Hunger and globalism in the dialectical unity of modern problems of the agro-industrial complex. *The Role of Agricultural Science in Sustainable Development of Rural Areas: Collection of the VI All-Russian (National) Scientific Conference with International Participation*. Novosibirsk, 2021. Pp. 1152–1157. (In Russ.)

6. Ferreira C. S., Seifollahi-Aghmiuni S., Destouni G., Ghajarnia N., Kalantari Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of the Total Environment*. 2022; 805: 150106. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150106.
7. Hossain A., Krupnik T. J., Timsina J., Mahboob M. G., Chaki A. K., Farooq M., Hasanuzzaman M. Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security. In: Sh. Fahad, M. Hasanuzzaman, M. Alam, et al., eds. *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth*. 2020. Pp. 17–61. DOI: 10.1007/978-3-030-49732-3_2.
8. Bashkatova L. N., Schmidt A. G. Transformation of soil fertility indicators of the steppe of Omsk region. *Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU* [Internet]. 2020 [cited 2024 Sep 30]; 3 (22). Available from: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2020/3/00857_1.pdf. (In Russ.)
9. Sharkov I. G., Antipina P. V. Some aspects of carbon sequestration capacity of arable soils. *The Journal of Soils and Environment*. 2022; 5 (2): e175. DOI: 10.31251/pos.v5i2.175. (In Russ.)
10. Mamontov V. G., Rogova O. B., Panova P. Yu., Belyaeva S. A. Changes in the chemical composition of typical chernozem in Kursk Region during the conversion of bare fallow to the disused land. *AgroEcoInfo*. 2021; 1. DOI: 10.51419/20211103. (In Russ.)
11. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P., Rybalskiy N. G., Muravyeva E. V., Snakin V. V., Eme-lyanov A. V., Skripnikova E. V. Usage and preservation of land and soil fertility is a matter of state (to the 75th anniversary of the state plan for nature transformation). *Life of the Earth*. 2023; 45 (3): 379–388. DOI: 10.29003/m3554.0514-7468.2023_45_3/379-388. (In Russ.)
12. Hermans K, McLeman R. Climate change, drought, land degradation and migration: exploring the link-ages. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2021; 50: 236–244. DOI: 10.1016/j.cosust.2021.04.013.
13. Kurachenko N. L., Bopp V. L. Reserves of humus substances in agrochernozem when cultivating sandy sainfoin. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022; 2 (46): 31–37. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_2_31. (In Russ.)
14. Dubovitskiy A. A., Klimentova E. A. Analysis of factors determining the magnitude of the environmental impact of agricultural production on land resources. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (3): 381–391. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-381-391. (In Russ.)
15. Sychev V. G., Naliukhin A. N. The need for mineral fertilizers taken into account of yield growth and soil fertility replacement in Russia. *Plodorodie*. 2024; 4: 5–10. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01. (In Russ.)
16. Mineev V. G. Practical work in agrochemistry: textbook. 2nd ed., revised and additional. Moscow: Publish- ing House of the Moscow State University, 2001. 689 p. (In Russ.)
17. Guidelines for determining the nitrification capacity of soils. Moscow: All-Union Production and Scientific Association “Selkhozkhimiya”, 1984. 16 p. (In Russ.)
18. Voloshenkova T. V., Dridiger V. K., Epifanova R. F., Kalashnikova A. A., Ogandzhanyan A. A. Wind re- sistance of southern carbonate and ordinary chernozems in agroforest landscapes of the steppe zone of Russia. *Agrarian Science*. 2021; 354 (11–12): 104–108. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-104-108. (In Russ.)
19. Nowak B. Agriculture: where do we stand? A review of the adoption of precision agriculture technologies on field crops farms in developed countries. *Agricultural Research*. 2021; 10: 515–522. DOI: 10.1007/ s40003-021-00539-x.
20. Periodic report on the state of soils on agricultural land of Ukraine based on the results of the X round (2011–2015) of the agrochemical land survey. Kiev, 2020. 208 p. (In Ukrain.)
21. Balyuk S. A., Kucher A. V., Maksimenko N. V. Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management. *Ukrainian Geographical Journal*. 2021; 2 (114): 3–11. DOI: 10.15407/ugz2021.02.003. (In Ukrain.)

Authors' information:

Yuliya A. Klipakova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0001-7256-9579, AuthorID 1211455. *E-mail*: yu.klipakova@mail.ru

Irina A. Korotkaya, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0002-5991-0186, AuthorID 761691. *E-mail*: korotkaya_irina@mgu-mlt.ru

Yuliya V. Chebanova, candidate of geographical sciences, associate professor of the department of plant produc- tion named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0001-8748-9627, AuthorID 1186061. *E-mail*: yu-chebanova@yandex.ru

Elena M. Denisova, senior lecturer of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0003-1060-795X, AuthorID 1191734. *E-mail*: elena_denusova@bk.ru