

- Stepanov A.L., Manucharova N.A., Umarov M.M., Sudnicin I.I., Kozhevin P.A. Pochvennye agregaty i ih funkcii v biosfernyh processah [Soil aggregates and their functions in biosphere processes]. *Materialy 4-go Vserossiyskogo sjezda obshhestva pochvedovedov. Kniga 1. Novosibirsk, 2004* [Materials of the 4th all-Russian Congress of society of soil scientists. Book 1. Novosibirsk, 2004]. Novosibirsk: 2004, 48 p.
- Sharkov I.N. Metod ocenki potrebnosti v organicheskikh udobreniyah dlja sozdaniya bezdeficitnogo balansa ugleroda v pochve para [Method of estimating the need for organic fertilizers to create a deficit-free balance of carbon in the soil of steam]. *Agrohimija*, 1986, no. 2, pp. 109–118.
- Anderson J.P.E., Domsh K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // *Soil Biol. Biochem.*, 1989, no. 10, pp. 215–221.

УДК 630.114.22

DOI:10.25695/AGRPH.2018.04.02

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ КАМЕННОЙ СТЕПИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ АНТРОПОГЕННОМ И ПОСТМЕЛИОРАТИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В. А. Беспалов, Ю. И. Чевердин, Т. В. Титова

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева*

397463, Воронежская область, Таловский район, п. 2 участка института им. Докучаева, квартал 5, д. 81
E-mail: vabespalov@bk.ru

Поступила в редакцию 29 января 2018 г., принята к печати 26 ноября 2018 г

Интенсивное антропогенное и длительное постмелиоративное воздействие на почвенный покров приводят к заметному изменению состава почвенного поглощающего комплекса (ППК). Основными причинами его изменения являются интенсивная обработка, применение минеральных удобрений и сезонное изменение уровня грунтовых вод. Целью настоящего исследования являлось изучение различных антропогенных воздействий на трансформацию почвенно-поглощающего комплекса черноземных почв Каменной Степи.

В работе представлены материалы, характеризующие распределение физико-химических показателей черноземов Каменной Степи как по поверхности, так и по профилю. Выявлена пестрота почв по содержанию обменных оснований на ровном ключевом участке, типичном для центральной части черноземной зоны России. Установлено, что в последние десятилетия в почвенном поглощающем комплексе черноземов Каменной Степи в результате интенсивного антропогенного воздействия происходит перераспределение состава обменных оснований.

Водная мелиорация является мощным фактором изменения качественного состава почвенно-поглощающего комплекса. Установлено закономерное уменьшение доли обменно-поглощенного кальция и одновременное увеличение доли магния и особенно натрия (до 7% от суммы катионов ППК). Наиболее четко данная закономерность прослеживается в карбонатно-аккумулятивном горизонте.

Ключевые слова: чернозем, обменные основания, почвенно-поглощающий комплекс, реакция среды, антропогенное воздействие, Каменная Степь.

TRANSFORMATION OF THE SOIL-ABSORBING COMPLEX OF THE CHERNOZEM SOILS IN THE KAMENNAYA STEPPE UNDER PROLONGED ANTHROPOGENIC AND POST-RECLAMATION INFLUENCE

V. A. Bespalov, Yu. I. Cheverdin, T. V. Titova

*Scientific Research Institute of Agriculture
of the Central Black Earth Strip named after V. V. Dokuchaev*

Intensive anthropogenic and long-term post-reclamation influence on soil cover leads to appreciable changes in the structure of the soil-absorbing complex (SAC). The main reasons of the changes are intensive tillage, application of mineral fertilizers and seasonal changes in groundwater level. The

purpose of this experiment was to study the various anthropogenic influences on the transformation of the soil-absorbing complex of the chernozem soil in the Kamennaya Steppe.

The paper presents the results on the distribution of the physical and chemical indicators of the chernozem both in the topsoil and the soil profile. The diversity of the soil on the content of exchange bases on the flat key site, typical for the central part of the chernozem zone of Russia, was revealed. It was found that in recent decades there was a redistribution of the exchange bases composition in the soil-absorbing complex of the chernozem, as a result of intensive anthropogenic impact. Water reclamation is a powerful factor and can change the qualitative composition of the soil-absorbing complex. A regular decrease in the share of exchange-absorbed calcium and a simultaneous increase in the share of exchange-absorbed magnesium and especially sodium (up to 7% of the amount of cations in the soil-absorbing complex) were revealed. This pattern was most clearly observed in the carbonate-accumulative horizon.

Key words: chernozem, the exchange bases, soil-absorbing complex, the environment reaction, anthropogenic influence, Kamennaya Steppe.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение свойств черноземов в результате антропогенного воздействия является одной из наиболее актуальных проблем почвоведения и земледелия (Брук, 1975; Щеглов, 1999; «Антропогенная...», 2000). Орошение черноземных почв приводит к различным деградиционным изменениям состава и свойств ППК. В связи с этим их изучение в постмелиоративный период весьма актуально (Чевердин и др., 2014; Турусов и др., 2015). Специфическими особенностями ППК черноземных почв Каменной Степи являются высокая насыщенность обменными основаниями и большая емкость поглощения с преобладанием кальция в составе катионов.

Для анализа современного состояния почвенного поглощающего комплекса необходимо изучение почвенного покрова на основе закладки отдельных ключевых участков и проведения длительных мониторинговых исследований. Полученные в результате таких исследований данные послужат основой для составления электронных карт содержания обменных оснований и других показателей почвенного плодородия с применением современных информационных технологий, являющихся теоретической основой для разработки систем точного земледелия (Балабко и др., 2004; Белик, 2008).

Целью настоящего исследования являлось изучение пространственного и профильного изменения состава ППК черноземных почв Каменной Степи на мониторинговых участках в зависимости от длительности антропогенного и постмелиоративного воздействия.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В 2017–2018 гг. была осуществлена закладка ряда мониторинговых участков площадью по 1 га для изучения антропогенного и постмелиоративного воздействия на почвенно-поглощающий комплекс черноземных почв Каменной Степи:

1. Контрольный участок – залежь косимая (ЗК) заповедника № 1 (режим заповедования с 1882 г.). Заповедник № 1 расположен между лесной полосой № 40 (с запада) и южным селекционным севооборотом (с востока). Косимая залежь с 1882 г. представлена степной разнотравно-злаковой растительностью, подвергающейся ежегодному

скашиванию; уровень грунтовых вод (УГВ) – ниже 6 м.

2. Автоморфный участок поля южного селекционного севооборота на плоском водоразделе, смежный с косимой залежью заповедника № 1 (МУ-1); уровень грунтовых вод – ниже 6 м.

3. Гидроморфный комплексный участок с различными вариантами агрогенного воздействия: пар 10 лет, эспарцет, пашня (МУ-2). Гидроморфный режим на данном участке установился в результате постоянно высокого уровня грунтовых вод (менее 2 м) и сезонного переувлажнения. Сезонное переувлажнение возникает из-за подтока грунтовых вод по литологическому контакту между желто-бурыми лессовидными глинами и подстилающими коричневатобурыми глинами на склоне и сосредоточения поверхностного стока талых вод в вогнутых элементах рельефа (Чевердин, Поротиков, 2009).

4. Участок поля без орошения (через 10–12 лет после его прекращения). Данный участок находился в режиме активного орошения более 30 лет (ОУ-1). Он был заложен для оценки трансформации почвенного покрова под воздействием орошения; УГВ – 3–4 м.

Почвенный покров ключевых участков представлен комбинацией черноземов типичных, черноземов обыкновенных, черноземов зоогенно-перерывных и черноземов выщелоченных.

Оценка состояния почвенного поглощающего комплекса исследуемых черноземных почв проводилась при помощи комплекса полевых и аналитических методов. Данный комплекс обеспечивает учет аналитического и пространственного варьирования основных показателей черноземов при оценке их многолетней динамики.

Для отбора почвенных образцов использовалась сетка скважин ручного бурения с квадратной ячейкой 25 на 25 м. Расстояния измерялись металлическими мерными лентами. Все скважины были привязаны с помощью GPS с определением координат.

Для изучения пространственного и профильного изменения состава ППК проводился отбор образцов почв сплошной колонкой по глубинам 0–20, 20–30, 30–50, 50–70, 70–100, 100–150 и 120–150 см.

Определение обменного кальция и обменного магния проводилось трилометрически по методике Почвенного института (Агрохимические методы исследования почв, 1975), обменного натрия – по методу ДИНАО (1977, ГОСТ 26950-86), рН солевой в 1,0н КСl вытяжке и водной вытяжки – потенциометрически (ГОСТ 26483-85), гидролитической кислотности – по Каппену (ГОСТ 26212-91.), суммы поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), степени насыщенности основаниями – расчетным способом по гидролитической кислотности и сумме обменных оснований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных в 2017–2018 гг. исследований черноземных почв Каменной Степи под различными угодьями (пашни с различным характером увлажнения, пашня, выведенная из орошения, залежь) показали, что в составе почвенно-поглощающего комплекса черноземов происходит перераспределение состава обменных оснований – снижение как абсолютных, так и относительных величин содержания поглощенного кальция и увеличение доли поглощенного магния и натрия (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические свойства почв, 2017–2018 гг.

Глубина, см	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Hг	рНвод	рНсол
Ранее орошаемый участок						
0–20	32,4/77,6*	8,4/20,4	0,93/2,2	1,52	7,85	6,74
20–30	31,7/79,1	7,4/18,5	0,9/2,4	1,57	7,90	6,76
30–50	28,8/76,0	8,1/21,2	1,1/2,8	1,28	7,93	6,79
50–70	26,7/75,8	7,6/21,3	1,0/2,9	0,73	8,05	6,89
70–100	22,8/71,1	8,1/24,8	1,3/4,1	0,56	8,24	7,14
100–120	18,7/65,7	8,1/28,5	1,6/5,8	0,45	8,37	7,25
120–150	17,2/64,0	7,9/29,4	1,7/6,6	0,77	8,46	7,29
Автоморфный участок						
0–20	26,3/78,8	6,6/19,6	0,5/1,6	2,16	7,82	6,91
20–30	26,5/81,7	5,5/16,8	0,5/1,5	2,50	7,78	6,87
30–50	26,8/82,2	5,4/16,3	0,5/1,5	1,84	7,87	7,02
50–70	24,8/80,6	5,6/17,8	0,5/1,5	1,04	8,09	7,14
70–100	23,1/78,1	6,0/20,2	0,5/1,8	0,73	8,28	7,30
100–120	20,0/71,6	7,5/26,6	0,5/1,8	0,99	8,39	7,39
120–150	20,3/72,8	7,0/25,1	0,6/2,2	1,21	8,44	7,44
Гидроморфный участок						
0–20	30,1/73,1	8,6/20,9	0,64/1,6	1,82	8	7,3
20–30	29,4/74,2	7,6/19,2	0,63/1,6	2,01	8,02	7,01
30–50	26,9/72,2	8,3/22,3	0,61/1,6	1,40	8,08	7,02
50–70	24,7/75,6	8,3/25,4	0,66/2,0	0,67	8,27	7,19
70–100	19,9/65,1	9,5/31,1	0,69/2,3	0,48	8,46	7,29
100–120	17,1/59,3	10,4/36,0	0,76/2,6	0,59	8,56	7,37
120–150	15,9/56,7	10,8/38,5	0,82/3,6	0,64	8,62	7,39
Залежь косимая						
0–20	33,4/82,0	7,3/17,6	0,15/0,4	0,94	7,55	7,06
30–50	29,3/80,5	7,0/19,3	0,05/0,2	1,41	7,64	7,15
70–100	24,1/77,1	6,8/22,3	0,22/0,7	0,46	7,97	7,37

* Над чертой – ммоль (экв) 100 г⁻¹; под чертой – процент от суммы катионов.

В табл. 1 представлены физико-химические свойства почв исследуемых участков. Общей закономерностью является снижение доли обменного кальция и увеличение доли обменного магния и натрия в составе ППК. Особенно четко данная закономерность прослеживается в карбонатно-аккумулятивных горизонтах почвы (табл. 1). Следует отметить повышенное содержание обменно-поглощенного натрия в глуболежащих почвенных горизонтах на бывшем орошаемом участке. Его доля в подгумусовых горизонтах почвы изменялась от 4,1% от суммы катионов ППК (слой 70–100 см) до 6,6% (в слое 120–150 см).

В почвенном профиле автоморфного участка доля натрия в ППК была практически неизменной и варьировалась от 1,6% в гумусовом горизонте до 2,2% в карбонатном (табл. 1). Из-за миграции обменного натрия в низлежащие горизонты орошение может привести к существенному изменению качественного состава почвенно-поглощающего комплекса черноземов и формированию глубокозасоленных почвенных горизонтов.

Сложившийся в почве гидроморфный режим с периодическим промыванием поверхностных горизонтов талыми водами весной и интенсивным испарением и транспирацией влаги летом вызвал постепенное накопление водорастворимых солей и

небольшого количества обменного натрия. В результате в подгумусовом горизонте гидроморфной пашни отмечено повышенное содержание обменного натрия по сравнению с автоморфной пашней. Его доля составила 2,3% в слое 70–100 см и возрастала вниз по профилю до 3,6% в карбонатном горизонте (табл. 1).

Увеличение содержания обменного натрия в черноземах, подверженных переувлажнению, связано с тем, что натрий менее прочно удерживается твердыми фазами почвы, чем кальций. Поэтому в условиях повышенного увлажнения наблюдается быстрое выщелачивание натрия, он вымывается в первую очередь. Однако с восходящими токами воды натрий поднимается вверх по профилю и обнаруживается в почвенном растворе, что приводит к смещению реакции водной вытяжки в щелочную сторону (Орлов, 1992).

Следует отметить, что на контрольном участке почвы залежи доля обменного натрия в карбонатно-аккумулятивном горизонте оказалась минимальной и составила всего 0,68% от состава ППК (табл. 1).

Необходимо также отметить увеличение доли обменного магния в почве гидроморфной пашни под действием орошения и сезонного переувлажнения, причем данные процессы характерны для всего исследованного почвенного профиля. В почве гумусового горизонта автоморфного участка доля обменного магния варьировалась в пределах от 16,3 до 19,6%. В условиях ранее проводимого орошения и переувлажнения она была заметно выше и составила 18,5–21,3% и 19,2–25,4% соответственно. Такая же закономерность прослеживалась и в карбонатно-аккумулятивном горизонте. При этом установлено повышение доли магния до 24,8–29,4% на ранее орошаемом участке, а ее максимальные значения (31,1–38,5%) отмечены на участке гидроморфной пашни (табл. 1).

На примере залежи можно убедиться, что ее распашка и сельскохозяйственное использование приводят к увеличению содержания обменного магния в составе ППК.

Увеличение содержания поглощенного магния в нижних, постоянно влажных горизонтах обусловлено также тем, что растворимость карбоната магния, входящего в состав почвенных карбонатов, в 20–30 раз выше растворимости карбоната кальция. Этим объясняется повышение содержания магния в почвенном растворе переувлажненных горизонтов и в составе ППК (Самойлова, 1981).

Орошение также приводит к изменению качественного состава почвенно-поглощающего комплекса. Применяемые приемы орошения вызывают активизацию выноса обменных катионов с отчуждаемой сельскохозяйственной продукцией и их миграцию по почвенному профилю с инфильтрационными оросительными водами. Результаты исследований миграции солей в кормовом севообороте свидетельствуют о значительном выносе легкорастворимых солей ниже 1,5 м (Рымарь и др., 1999). Согласно данным авторов, вынос солей растениями составил 324 кг га^{-1} , при этом среди

катионов преобладала доля кальция и натрия, среди анионов – гидрокарбонатов и сульфатов.

Дополнительное поверхностное и грунтовое увлажнение оказывают существенное влияние на состав обменных оснований – происходит уменьшение доли кальция в составе ППК и увеличение доли магния и натрия.

В рамках настоящего исследования установлено сужение соотношения обменного кальция и магния при дополнительном почвенном увлажнении, что может оказаться негативным признаком деградации черноземов и привести к активизации процессов физической деградации почв и появлению магниевой солонцеватости. Минимальное соотношение кальция и магния отмечено в почве гидроморфного участка, в гумусовом горизонте оно изменялось в пределах 3,0–3,9 единиц. На почвах с водной мелиорацией соотношения двух основных составляющих компонентов ППК в гумусовом горизонте варьировалось в пределах 3,5–4,3; на автоморфном участке данное соотношение было максимальным (4,0–5,0 единиц). В карбонатно-аккумулятивном горизонте минимальные значения отмечены также на гидроморфных почвах (1,5–2,1); на ранее орошаемом участке они составили 2,2–2,8, что также ниже, чем на автоморфном участке, где соотношение обменного кальция и магния лежало в пределах 2,7–3,8 единиц.

Результаты исследований реакции среды на опытных участках свидетельствуют о том, что показатели pH водной и солевой вытяжки на залежи, а также автоморфном и ранее орошаемом участках близки между собой (табл. 1). Высокая буферная способность черноземов и длительный период после прекращения орошения способствовали восстановлению свойств почв и нивелированию разницы между орошаемым и неорошаемым участками.

Необходимо отметить тенденцию к смещению значений актуальной кислотности в щелочную сторону и потенциальной – в кислую сторону на постмелиорированных и гидроморфных почвах.

Столь разноплановое изменение реакции среды вызвано, по мнению авторов, двумя причинами. Во-первых, увеличение значений pH водной вытяжки на постмелиорированных почвах обусловлено влиянием оросительных вод, наличием в их составе содовых растворов и повышенным содержанием поглощенного натрия в ППК. С другой стороны, повышенное количество фульвокислот в гидроморфных почвах может служить дополнительным источником протонов и приводит к смещению значений pH солевой вытяжки в кислую сторону (Турусов и др., 2015).

Орошение черноземов водами с неблагоприятным химическим составом и сезонное переувлажнение способствовали изменению гидролитической кислотности. По всему почвенному профилю показатели гидролитической кислотности в условиях орошения и переувлажнения были ниже по сравнению с почвами автоморфного участка (табл. 1).

В табл. 2 представлены статистические данные о составе почвенно-поглощающего комплекса пахотного слоя черноземов Каменной Степи.

Таблица 2. Статистические характеристики распределения обменных оснований в почвах на мониторинговых участках (2017–2018 гг.), 0–20 см

Статистические показатели	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Нг	Сумма оснований
	ммоль (экв) 100 г ⁻¹				
	автоморфный участок				
np	16	16	16	16	16
Среднее	26,3	6,6	0,42	2,16	35,49
Минимум	22,0	3,0	0,32	0,23	28,12
Медиана	26,4	6,8	0,42	2,07	34,60
Максимум	35,9	12,8	0,63	7,02	43,23
Коэффициент вариации, %	15,2	38,8	21,1	77,9	13,7
	гидроморфный участок				
np	15	15	15	15	15
Среднее	30,1	8,6	0,64	1,82	41,17
Минимум	26,0	2,0	0,51	0,67	31,62
Медиана	31,1	9,3	0,62	1,84	41,91
Максимум	34,7	12,5	1,21	3,25	45,38
Коэффициент вариации, %	8,8	36,3	26,5	51,4	8,6
	ранее орошаемый участок				
np	16	16	16	16	16
Среднее	32,4	8,3	0,70	1,72	43,11
Минимум	26,5	3,9	0,32	0,47	37,38
Медиана	32,5	8,6	0,59	1,30	42,33
Максимум	39,5	18,3	1,81	4,44	50,35
Коэффициент вариации, %	12,6	42,7	60,6	69,9	8,4
	залежь косимая				
np	15	15	15	–	–
Среднее	33,4	7,3	0,15	–	–
Минимум	30,0	4,0	0,00	–	–
Медиана	32,0	6,8	0,10	–	–
Максимум	38,0	11,2	0,70	–	–
Коэффициент вариации, %	7,40	29,6	155,6	–	–

По данным исследований Н. Н. Никоноровой (1953), в середине XX столетия в пахотном слое почв Каменной Степи на различных угодьях содержалось от 44,5 до 62,0 ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы обменного кальция и от 1,6 до 6,7 ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы обменного магния. На залежи косимой их содержание составляло 50,5 и 7,3 ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы соответственно.

По данным последующих исследований (Беспалов, 2012), за 50-летний период сельскохозяйственного использования пахотных земель содержание обменного кальция в почвах исследуемых участков уменьшилось и лежит в пределах 26,3–32,4 ммоль (экв) 100 г⁻¹ (табл. 2). Коэффициент вариации для кальция составляет от 8,8 до 15,2%.

Содержание обменного магния в почвах исследуемых участков за 50 лет сельскохозяйственного использования увеличилось и составляет 6,6–8,6 ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы. Коэффициенты вариации для магния выше, чем для кальция, и составляют 36,3–42,7% (табл. 2). На залежи косимой содержание обменного магния осталось без изменений – 7,3 ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы.

Содержание обменного натрия в почвах исследуемых участков составляет 0,42–0,70 ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы; коэффициент вариации изменяется от 21,1 до 60,6% (табл. 2).

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что вовлечение в сельскохозяйственное производство степных (залежных) угодий приводит к заметному изменению количественных и качественных составляющих ППК, характеризующих особенности их современного состояния и развития и оказывающих влияние на уровень плодородия.

Результаты исследования были использованы для построения картосхем пространственного варьирования содержания обменного кальция и магния в ППК черноземов на мониторинговых участках. В качестве примера представлены данные по автоморфному участку плоского водораздела (рис. 1). Из рисунка видно, что почвы с различным содержанием обменного кальция и магния имеют определенную структуру. Различия по содержанию обменных оснований в почвах связаны с особенностями структуры почвенного покрова и микрорельефом участка.

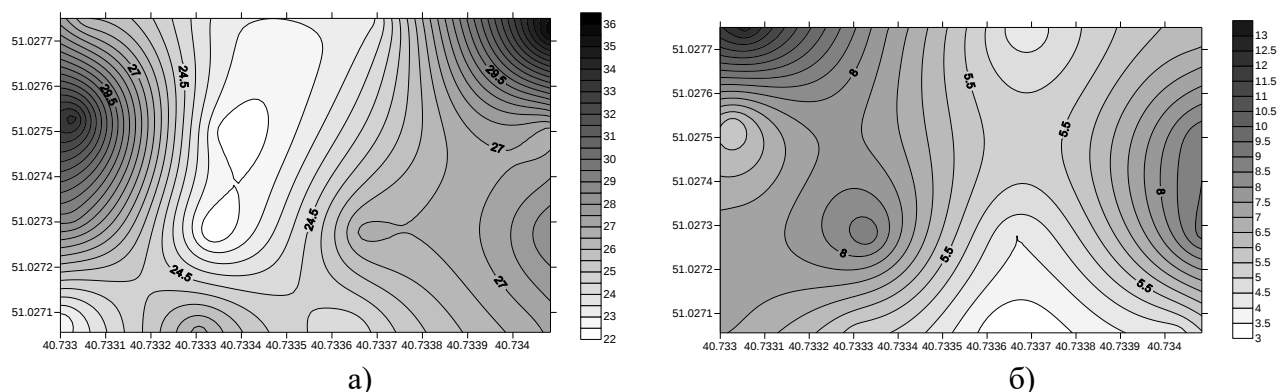


Рис. 1. Картосхемы распределения обменного кальция (а) и обменного магния (б) на автоморфном участке МУ-1 в слое 0–20 см, ммоль (экв) 100 г⁻¹ почвы

Так, почвы с максимальным содержанием кальция (рис. 1-а) локализованы в западной и северо-восточной частях объекта. Распределение обменного магния также отчетливо прослеживается на рисунке (рис. 1-б). Его минимальные значения отмечены в северной и южной частях объекта, а максимальные – в северо-западной и восточной. На основе подобных картосхем можно составить рекомендации по оптимальному использованию участков пашни, подразумевающему направленную корректировку доз внесения удобрений и гербицидов, что в конечном итоге скажется на экономической эффективности использования угодий в сельскохозяйственном производстве.

На рис. 2 представлены графики профильного распределения обменного кальция и обменного магния на мониторинговых участках. Из графиков видно, что вниз по профилю происходит уменьшение содержания кальция в составе ППК и увеличение содержания поглощенного магния. Для ранее орошаемого участка характерно равномерное распределение поглощенного магния (рис. 2-б), что обусловлено периодическим промывом профиля почвы орошаемыми водами.

Увеличение доли магния в ППК является генетическим признаком гидроморфизма. Это связано с тем, что магний является мобильным катионом и при переходе от автоморфного чернозема к гидроморфной почве характеризуется меньшей прочностью связей с ППК, чем кальций (Щеглов, 1999).

ВЫВОДЫ

1. Вовлечение в сельскохозяйственное производство степных (залежных) угодий приводит к заметному изменению количественных и качественных составляющих ППК.

2. В пахотном слое черноземов Каменной Степи в последние десятилетия происходило снижение доли кальция в составе ППК с 45–62 до 26–32 ммоль (экв) 100 г⁻¹ и увеличение доли поглощенного магния и натрия до 6,6–8,6 и 0,7 ммоль (экв) 100 г⁻¹ соответственно.

3. Водная мелиорация и дополнительное грунтовое увлажнение черноземов нарушают баланс основных составляющих почвенно-поглощающего

комплекса (кальция и магния) и приводят к существенному увеличению доли обменного магния.

4. Установлено закономерное уменьшение доли обменно-поглощенного кальция с одновременным увеличением доли обменного магния и особенно обменного натрия (до 7% от суммы катионов ППК). Наиболее четко данная закономерность прослеживается в карбонатно-аккумулятивном горизонте.

5. Показатели гидрологической кислотности в условиях орошения и переувлажнения по всему почвенному профилю были ниже по сравнению с почвами автоморфного участка.

6. Водная мелиорация и переувлажнение в зоне расположения черноземных почв могут привести к формированию глубокозасоленных почвенных горизонтов.

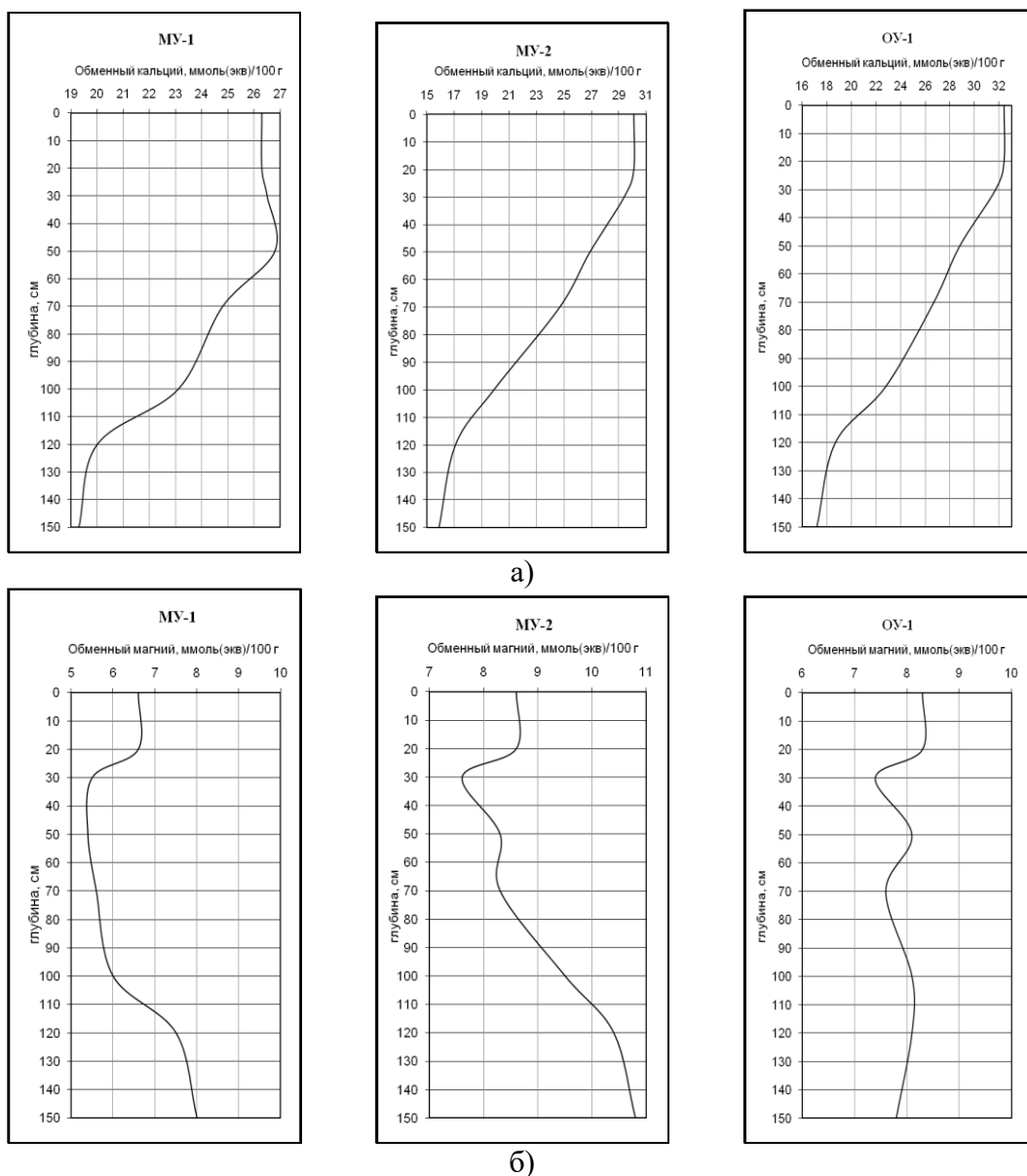


Рис. 2. Профильное распределение обменного кальция (а) и магния (б) в черноземах Каменной Степи (2017–2018 гг.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антропогенная эволюция черноземов / Под ред. акад. РАСХН А. П. Щербакова и канд. биол. наук И. И. Васенева. Воронеж: ВГУ, 2000. 412 с.
- Балабко П. Н., Кулагина Т. Б., Мешалкина Ю. Л. Получение информации о пространственном варьировании факторов почвенного плодородия в пределах поля с использованием наземных и дистанционных методов исследования // Агроэкологическая оптимизация земледелия. Сб. докл. Межд. научно-практ. конф. Курск, 2004. С. 89–92.
- Белик А. В. Внутрипольное варьирование плодородия лесостепных черноземов ЦЧО и урожайность сельскохозяйственных культур: дисс...канд. биол. наук. Воронеж, 2008. 193 с.
- Беспалов В. А. Пространственно-временное варьирование основных показателей плодородия черноземов Каменной Степи. Дисс. канд. биол. наук. 2012. 209 с.
- Брук М.С. Об эволюции черноземов под влиянием деятельности человека // Почвоведение. 1975. № 3. С. 3–12.
- Никанорова Н.Н. Естественнo-исторические условия Каменной Степи и характеристика основных почвенных разностей // Вопросы травопольной системы земледелия. Т. 2. Итоги работ по изучению изменения почв под воздействием комплекса Докучаева-Костычева-Вильямса. М.: АН СССР, 1953. С. 55–204.
- Орлов Д. С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992. 400 с.
- Рымарь В. Т., Покудин Г. П., Павлюченко А. У. О миграции различных элементов в черноземах Юго-Востока ЦЧЗ // Лизиметрические исследования в агрохимии, почвоведении, мелиорации и агроэкологии. Доклады симпозиума (п. Немчиновка, 29 июня – 1 июля 1999 г.). Москва – Немчиновка, 1999. С. 167–171.
- Самойлова Е.М. Луговые почвы лесостепи. М.: Изд-во МГУ, 1981. 284 с.

- Турусов В. И., Чевердин Ю. И., Беспалов В. А., Титова Т. В. Особенности и направленность изменения качественных свойств черноземов в постмелиоративный период // Достижение науки и техники АПК. 2015. № 1. С. 13–16.
- Хитров Н. Б. Методический подход к ретроспективному мониторингу почв Каменной Степи // Каменная Степь: проблемы изучения почвенного покрова. Науч. тр. М., Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. 2007. С. 7–35.
- Чевердин Ю. И. Минерализация грунтовых вод и особенности соленакопления сезонно переувлажненных черноземных почв // Разнообразие почв Каменной Степи. Науч. тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2009. С. 145–158.
- Чевердин Ю. И., Титова Т. В., Беспалов В. А., Рыбакова Н. П. Качественный состав почвенно-поглощающего комплекса черноземов в постмелиоративный период // Сельскохозяйственные науки: вопросы и тенденции развития. Сборник трудов по итогам Межд. науч.-практ. конф. 6 ноября 2014 г. Красноярск: Изд-во «Ареал», 2014. С. 20–22.
- Щеглов Д. И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.

REFERENCES

- Antropogennaia evoliutsiia chernozemov* [Anthropogenic evolution of chernozems] / Pod red. A.P. Shcherbakova, I.I. Vaseneva. Voronezh: VGU, 2000. 412 p.
- Balabko P. N., Kulagina T. B., Meshalkina Iu. L. Poluchenie informatsii o prostranstvennom var'irovanii faktorov pochvennogo plodorodiia v predelakh polia s ispol'zovaniem nazemnykh i distantsionnykh metodov issledovaniia [Reception of the information on a dimensional variation of factors of soil fertility within a field with use of terraneous and remote methods of research] // *Agroekologicheskaiia optimizatsiia zemledeliia: Sb. dokl. Mezhd. Nauchno-prakt. konf.* Kursk, 2004, pp. 89–92.
- Belik A.V. *Vnutripol'noe var'irovanie plodorodiia lesostepnykh chernozemov TsChO i urozhainnost' sel'skokhoziaistvennykh kul'tur* [Variation in a field of fertility of forest-steppe chernozems CCR and productivity of agricultural crops. Diss. can. biol. sci.]. Diss. kand. biol. nauk. Voronezh, 2008. 193 p.
- Bespalov V.A. *Prostranstvenno-vremennoe var'irovanie osnovnykh pokazatelei plodorodiia chernozemov Kamennoi Stepi.* Diss. kand. biol. nauk. [Existential variation of the basic indexes of fertility of chernozems of Kamennaya Steppe. Diss. cand. biol. sci.]. Kamennaia Step', 2012. 209 p.
- Bruk M. S. Ob evoliutsii chernozemov pod vliianiem deiatel'nosti cheloveka [About evolution of chernozems under the influence of activity of the person] // *Pochvovedenie*, 1975, no. 3, pp. 3–12.
- Nikanorova N. N. Estestvenno-istoricheskie usloviia Kamennoi Stepi i kharakteristika osnovnykh pochvennykh raznostei [Is natural-historical conditions of Kamennaya Steppe and the characteristic of the basic soil differences] // *Voprosy travopol'noi sistemy zemledeliia. T. 2. Itogi rabot po izucheniiu izmeneniia pochv pod vozdeistviem kompleksa Dokuchaeva-Kostycheva-Vil'iamsa.* Moscow: AN SSSR, 1953, pp. 55–204.
- Orlov D.S. *Khimiia pochv* [Soil chemistry]. Moscow: Moscow State University Publishing house, 1992. 400 p.
- Rymar' V.T. ., Pokudin G. P., Pavliuchenko A. U. i dr. O migratsii razlichnykh elementov v chernozemakh Iugo-Vostoka TsChZ [About migration of various elements in chernozems of the South-East CCR] // *Lizimetricheskie issledovaniia v agrokhimii, pochvovedenii, melioratsii i agroekologii. Doklady simpoziuma (p. Nemchinovka, 29 iunია – 1 iuliia 1999 g.).* Moskva – Nemchinovka, 1999, pp. 167–171.
- Samoilova E. M. *Lugovye pochvy lesostepi* [Meadow soils of forest-steppe]. Moscow: Moscow State University Publishing house, 1981. 284 p.
- Tursov V. I., Cheverdin Iu. I., Bepalov V. A., Titova T. V. Osobennosti i napravlennost' izmeneniia kachestvennykh svoistv chernozemov v postmeliorativnyi period [Features and an orientation of change of qualitative properties of chernozems during the postmeliorative period]. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*, 2015, no. 1, pp. 13–16.
- Khitrov N. B. Metodicheskii podkhod k retrospektivnomu monitoringu pochv Kamennoi Stepi [The methodical approach to retrospective monitoring of soils of Kamennaya Steppe] // *Kamennaia Step': problemy izucheniia pochvennogo pokrova. Nauch. tr. Pochv. in-ta im. V. V. Dokuchaeva.* Moscow, 2007, pp. 7–35.
- Cheverdin Iu. I., Porotikov I. F. Mineralizatsiia gruntovykh vod i osobennosti solenakopleniia sezonno pereuvlazhnennykh chernozemnykh pochv [Mineralization of ground waters and feature to accumulate salts seasonally rehumidified chernozemic soils] // *Raznoobrazie pochv Kamennoi Stepi. Nauch. tr. Pochvennogo in-ta im. V. V. Dokuchaeva.* Moscow, 2009, pp. 145–158.
- Cheverdin Iu. I., Titova T. V., Bepalov V. A., Rybakova N. P. Kachestvennyi sostav pochvenno-pogloshchaiushchego kompleksa chernozemov v postmeliorativnyi period [Qualitative structure of a soil-absorbing complex of chernozems during the postmeliorative period] // *Sel'skokhoziaistvennye nauki: voprosy i tendentsii razvitiia. Sbornik trudov po itogam Mezhd. nauch.-prakt. konf. 6 noiabria 2014 g.* Krasnoiarsk: Publishing house «Areal», 2014, pp. 20–22.
- Shcheglov D. I. Chernozemy tsentra Russkoi ravniny i ikh evoliutsiia pod vliianiem estestvennykh i antropogennykh faktorov [Chernozems of the centre of Russian plain and their evolution under the influence of natural and anthropogenous factors]. Moscow: Nauka, 1999. 214 p.