

Научная статья

Original article

УДК 631.67

doi: [https://doi.org/10.55186/25880209\\_2026\\_10\\_2\\_19](https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_2_19)

edn: ZMCYVK

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ВОДНО – ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО  
AGROCHEMICAL AND AQUATIC-PHYSICAL PROPERTIES OF  
BLACK SOIL**



**Клочко Александр Сергеевич**, начальник отдела, АО «КрайДЭО», Россия, 660075, г. Красноярск, ул. Маерчака 4, E-mail: kaas01@yandex.ru

**Бадмаева Софья Эрдыниевна**, д.б.н., профессор кафедры кадастра застроенных территорий и геоинформационные технологии, ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет, Россия, 660049, г. Красноярск, пр. Мира 90, E-mail: s.bad55@mail.ru

**Alexander S.Klochko**, Head of Department «KraiDEO», 4 Maerchaka St., Krasnoyarsk, 660075, Russia, E-mail: kaas01@yandex.ru

**Sofia E. Badmaeva**, doctor of biological sciences, professor of the department of cadastre of built-up areas and geoinformation technologies, Krasnoyarsk state agrarian university, **Russia, 660049**, Krasnoyarsk, Mira ave., 90, E-mail: s.bad55@mail.ru

**Аннотация.** Агрохимические, водно – физические свойства почв являются основными показателями, характеризующие плодородие почв. По результатам многочисленных мониторинговых исследований, проведенных течение длительного промежутка времени разными исследователями и в

различных регионах [4,5,6,7,9,10], установлено, что эти свойства почв претерпевают изменения под воздействием антропогенных и природных факторов. По влиянию антропогенного воздействия на плодородие черноземов имеются различные мнения. Одни исследователи утверждают, что вовлечение черноземных почв в сельскохозяйственное использование приводит к значительному уменьшению содержания гумуса, особенно в пахотном горизонте. Снижение содержания гумуса происходит в первые годы освоения, в дальнейшем потери гумуса идут менее интенсивно, а после происходит стабилизация его запасов в верхнем пахотном слое почвы при сформировавшемся агроценозе. Другие исследователи отмечают на сохранение характера гумусообразования и качественного состава гумуса в пахотных почвах в сравнении с исходным зональным типом почвообразования.

Черноземные почвы относятся к типу почв с оптимальным содержанием гумуса и основных элементов питания для культурных растений, т.е. обладают потенциальным плодородием. Интенсивное вовлечение данных почв в сельскохозяйственное использование без учета их свойств и режимов может привести к деградации и проявлению негативных процессов. Кроме антропогенных факторов негативное влияние на свойства черноземов оказывают природные факторы. Одним из таких факторов является выпадение ливневых осадков и весенний сток талых вод, которые вызывают эрозионные процессы даже при небольших уклонах поверхности. Использование черноземных почв в орошаемом земледелии накладывает отпечаток на свойства и режимы. Без научно – обоснованных норм, числа и сроков поливов, разработанных для каждого вида сельскохозяйственных культур в зависимости от природно – климатических условий приводят к негативным процессам, таким как вторичное засоление, ухудшение качественного состава гумуса, уплотнение верхнего корнеобитаемого слоя почвы и т.д. Для оценки состояния качественных показателей черноземных

почв необходимо проведение мониторинговых исследований с учетом природно – климатических условий.

**Abstract.** Agrochemical and water-physical properties of soils are the main indicators of soil fertility. According to the results of numerous monitoring studies conducted over a long period of time by various researchers and in different regions [4,5,6,7,9], it has been established that these properties of soils are subject to changes. There are different opinions on the impact of anthropogenic impact on the fertility of chernozems. Some researchers claim that the involvement of chernozem soils in agricultural use leads to a significant decrease in the humus content, especially in the arable horizon. A decrease in humus content occurs in the first years of development, in the future, humus losses are less intense, and after that, its reserves in the upper arable layer of the soil stabilize with the established agrocenosis. Other researchers note the preservation of the nature of humus formation and the qualitative composition of humus in arable soils in comparison with the initial zonal type of soil formation.

Chernozem soils are a type of soil with an optimal content of humus and essential nutrients for cultivated plants, indicating their potential fertility. However, intensive agricultural use of these soils without considering their properties and regimes can lead to degradation and negative processes. In addition to anthropogenic factors, natural factors also have a negative impact on the properties of chernozems. One of these factors is the occurrence of heavy rainfall and spring runoff, which can cause erosion even on slightly sloped surfaces. The use of chernozem soils in irrigated agriculture leaves its mark on the properties and modes. Without scientifically based standards, the number and timing of watering, developed for each type of crop, depending on the climatic conditions, lead to negative processes such as secondary salinization, deterioration of the qualitative composition of humus, compaction of the upper root layer of the soil, etc. To assess the state of the quality indicators of chernozem soils, it is necessary to conduct monitoring studies taking into account the natural and climatic conditions.

**Ключевые слова:** черноземы, мониторинг, свойства, плодородие, гумус, элементы питания, структура

**Key words:** chernozems, monitoring, properties, fertility, humus, nutrients, structure

Исследования по изучению агрохимических и водно – физических и свойств черноземных почв проводились на Балахтинском и Новоселовском агроландшафте. Были заложены: почвенная полужама (Балахтинский агроландшафт) до глубины 50 см с координатными точками 55.127204, 91.124114 и почвенный разрез до подстилающей породы (Новоселовский агроландшафт) с координатными точками 55.373990, 91.527887.

Цель работы заключалась в исследовании агрохимических и водно-физических свойств чернозема обыкновенного. Объект исследования – черноземы обыкновенные лесостепной зоны Красноярского края. Методы исследования – статистические, аналитические, визуальные наблюдения, полевые маршрутные исследования, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование. На типичном участке был заложен почвенный разрез с последующим отбором образцов на анализ по 10 см слоям почвы. Были отобраны образцы почв на агрохимический анализ по определению общего гумуса, реакции среды, обменных катионов, легкогидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и обменного калия, определение водно – физических свойств почвы проводилось в полевых условиях по общепринятым методикам [1,2].

Анализ почвенных образцов проводился: гумус по Тюрину, обменные катионы по Шмуку, легкогидролизуемый азот по Корнфилду, подвижный фосфор и обменный калий соответственно по Мачигину. Проведена статистическая обработка полученных данных с применением с пакета программ SPSS.

В таблице 1 представлены результаты анализов агрохимического состава черноземов обыкновенных на территории Новоселовского агроландшафта.

Территория Новосёловского административного района расположена в юго-восточной части Северо-Минусинской впадины, представленной на рассматриваемой площади долинами рек Енисея и Чулыма и придолинными понижениями с абсолютными отметками от 320 м (пойма долины р. Чулым), 243 м (НПУ Красноярского водохранилища) до 400 м. Междуречное пространство поднято на высоту от 400 до 563 м. [3]. Господствующими почвами на территории района являются черноземные почвы различного подтипа.

Было определено содержание гумуса, реакции почвенного раствора, обменные катионы (кальций и магний), содержание подвижного фосфора и обменного калия по 10 см слоям почвы (табл.1).

Таблица 1– Агрохимический состав почв

Глубина, см	Гумус, %	рН, сол.	Обменные катионы, мг-экв/ 100 г		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		
0-10	11,04±1,75	6,8	31,29±1,67	24,65±1,53	4,90±0,62	29,0±2,94
10-20	10,57±1,61	6,7	29,39±1,14	22,47±1,47	3,62±0,53	23,5±2,51
20-30	10,57±1,56	6,7	39,82±1,83	24,65±1,58	3,13±0,34	15,7±1,79
30-40	9,92±1,14	6,7	29,39±1,21	25,60±1,39	2,74±0,29	22,0±1,85
40-50	7,50±0,99	6,7	28,44±1,65	25,60±1,64	2,12±0,18	24,5±1,98
50-60	4,90±0,65	6,7	24,65±1,57	19,91±1,24	1,81±0,12	25,5±2,09
60-70	3,60±0,59	6,7	21,81±1,54	18,02±1,16	1,36±0,13	26,2±2,77
70-80	0,92±0,08	7,0	17,07±1,14	11,38±1,10	1,13±0,94	20,1±2,61

Гумус является одним из показателей, характеризующих плодородие почвы. Как представлено в таблице 1, содержание гумуса в слое 0 – 40 см характеризуется как высокое и составляет от 9,92 % до 11,04%, с глубиной

переходя в градацию – среднегумусная. Оптимальная реакция почвенной среды является тем показателем, которая имеет большую роль для роста и развития культурных растений, так как многие сельскохозяйственные растения предъявляют разные требования к кислотности почвы и негативно реагируют на изменения в ту или иную сторону от рекомендуемых показателей для данного вида культуры. По результатам анализов видно, что реакция почвенного раствора нейтральная и этот показатель колеблется в пределах 6,8 – 6,7, что характерно для данного типа почв. Состав и свойства почвенно – поглощающего комплекса влияет на основные свойства почвы, таких как: структура, реакция среды, плотность твердой фазы, буферность и на многие другие показатели, которые определяют плодородие данного типа почвы. В наших исследованиях, в почвенно-поглощающем преобладает содержание кальция и в верхнем полуметровом слое почвы находится на уровне от 28,44 до 39,82 мг-экв на 100 г почвы, постепенно снижаясь с глубиной до 17,07 – 21,81 мг-экв на 100 г почвы. Содержание магния в составе почвенно – поглощающего комплекса достаточно высокое и составляет в верхнем полуметровом слое почвы от 22,47 до 25,60 мг-экв на 100 г почвы.

В рассматриваемых почвах содержание подвижного фосфора и обменного калия почвы являются очень низкими. Содержание подвижного фосфора в верхнем 0-20 см слое почвы в среднем составляет 4,26 мг/100 г почвы, а обменного калия – 26,25 мг/100 г и по соответствующей градации по обеспеченности этими элементами питания почвы относятся к низкообеспеченным.

В таблице 2 представлено содержание легкогидролизуемого азота в рассматриваемой почве.

Таблица 2 – Содержание легкогидролизуемого азота

Глубина, см	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
мг/кг почвы	560±11,82	518±10,23	518±12,14	504±11,27	490±12,28	420±11,37	364±10,45	280±10,11

По результатам наших исследований, содержание этого элемента по всем рассматриваемым слоям почвы характеризуется как очень высокое.

Результаты изучения физических свойств чернозема обыкновенного среднесуглинистого карбонатного Балахтинского агроландшафта Красноярского края показали, что исследуемая почва характеризуется следующими показателями: плотность в верхнем 0 – 20 см слое почвы составляет 1,14 г/см<sup>3</sup> и постепенно увеличиваясь вниз по слоям до 1,29 – 1,31 г/см<sup>3</sup>, что характеризует почву как уплотненную (табл.3). Плотность твердой фазы изменялся в узких пределах от 2,51 до 2,57 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 3 – Показатели плотности, плотности твердой фазы и порозности почвы

Слой	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы, г/см <sup>3</sup>	Порозность, %
0 – 10	1,10±0,05	2,49±1,14	56,1±1,13
10 – 20	1,14±0,08	2,51±1,19	53,4±1,10
20 – 30	1,23±0,04	2,52±1,21	51,8±0,09
30 – 40	1,31±0,05	2,54±1,24	48,8±1,12
40 – 50	1,35±0,07	2,57±1,23	49,1±1,13

Наименьшая влагоемкость (НВ) – важнейший показатель водоудерживающей способности почвы, определяющий возможность запастись и удерживать влагу в почвенном профиле как в богарных, так и в орошаемых условиях. Значение влажности разрыва капиллярных связей (ВРК) – это предел оптимального увлажнения почвы, ниже которого до влажности устойчивого завядания (ВЗ) подвижность и доступность влаги

растениям резко падает, отражаясь на урожайности. Пренебрежение этой константой в орошаемом земледелии приводит к негативным последствиям деградации почв и снижению продуктивности культур.

Показатели наименьшей влагоемкости, максимальной гигроскопичности, влажности завядания и диапазона активной влажности представлены в таблице 4. Наименьшая влагоемкость изучаемой почвы в 0 – 50 см слое колеблется в пределах 24,6% в нижних слоях почвы, а в верхних 27,5 – 28% или 30,2 – 31,9 мм от объема почвы. Значения наименьшей влагоемкости от объема почвы книзу незначительно увеличиваются. Это, по – видимому, связано с неоднородным гранулометрическим составом и структурным состоянием почвы по слоям. Небольшое варьирование наименьшей влагоемкости по слоям почвы свидетельствует о прочном и длительном равновесном состоянии влаги. Диапазон активной влаги характеризовался как высокий и составлял в верхнем слое почвы от 16,9 до 17,3 мм. Эти почвы средневлагоемкие, но их диапазон активной влаги (ДАВ) высок (до 60 % от НВ). По этим показателям они не уступают аналогичным черноземам Западной Сибири, но уступают черноземам европейской части России, что связано с меньшей мощностью почв.

Таблица 4 – Водные свойства чернозема обыкновенного

Глубина, см	НВ		МГ		ВЗ		ДАВ	
	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
0-10	27,5	30,2	7,9	8,7	11,8	13,0	15,7	17,3
10-20	28,0	31,9	8,8	10,0	13,2	15,0	14,8	16,9
20-30	26,4	32,5	9,2	11,3	13,8	17,0	12,6	15,5
30-40	25,2	33,0	9,4	12,3	14,1	18,5	11,1	14,5
40-50	24,6	33,2	9,1	12,3	13,6	18,4	11,0	14,8

Наши исследования согласуются с данными Сеньковой Л.А., Гринец Л.В (2017), которые говорят: «...При состоянии наименьшей влагоемкости наилучшее, практически идеальное соотношение пор создается в почве на

целине при плотности сложения  $1,20 \text{ г/см}^3$ , когда пористость аэрации по профилю составляет около 20 % объема почвы при одновременно хорошей обводненности. В этом случае содержание воздуха и воды для чернозема среднесуглинистого является благоприятным и достаточным для нормальной жизнедеятельности растений...».

Наименьшая влагоемкость (НВ) – важнейший показатель водоудерживающей способности почвы, определяющий возможность запастись и удерживать влагу в почвенном профиле как в богарных, так и в орошаемых условиях. Значение влажности разрыва капиллярных связей (ВРК) – это предел оптимального увлажнения почвы, ниже которого до влажности устойчивого завядания (ВЗ) подвижность и доступность влаги растениям резко падает, отражаясь на урожайности. Пренебрежение этой константой в орошаемом земледелии приводит к негативным последствиям деградации почв и снижению продуктивности культур.

Показатели наименьшей влагоемкости, максимальной гигроскопичности, влажности завядания и диапазона активной влажности представлены в таблице 5. Наименьшая влагоемкость изучаемой почвы в 0 – 50 см слое колеблется в пределах 24,6% в нижних слоях почвы, а в верхних 27,5 – 28% или 30,2 – 31,9 мм от объема почвы. Значения наименьшей влагоемкости от объема почвы книзу незначительно увеличиваются. Это, по – видимому, связано с неоднородным гранулометрическим составом и структурным состоянием почвы по слоям. Небольшое варьирование наименьшей влагоемкости по слоям почвы свидетельствует о прочном и длительном равновесном состоянии влаги. Диапазон активной влаги характеризовался как высокий и составлял в верхнем слое почвы от 16,9 до 17,3 мм. Эти почвы средневлагоемкие, но их диапазон активной влаги (ДАВ) высок (до 60 % от НВ). По этим показателям они не уступают аналогичным черноземам Западной Сибири, но уступают черноземам европейской части России, что связано с меньшей мощностью почв.

Таблица 5 – Водные свойства чернозема обыкновенного

Глубина, см	НВ		МГ		ВЗ		ДАВ	
	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
0-10	27,5	30,2	7,9	8,7	11,8	13,0	15,7	17,3
10-20	28,0	31,9	8,8	10,0	13,2	15,0	14,8	16,9
20-30	26,4	32,5	9,2	11,3	13,8	17,0	12,6	15,5
30-40	25,2	33,0	9,4	12,3	14,1	18,5	11,1	14,5
40-50	24,6	33,2	9,1	12,3	13,6	18,4	11,0	14,8

Наши исследования согласуются с данными Сеньковой Л.А., Гринец Л.В (2017), которые говорят: «...При состоянии наименьшей влагоемкости наилучшее, практически идеальное соотношение пор создается в почве на целине при плотности сложения 1,20 г/см<sup>3</sup>, когда пористость аэрации по профилю составляет около 20 % объема почвы при одновременно хорошей обводненности. В этом случае содержание воздуха и воды для чернозема среднесуглинистого является благоприятным и достаточным для нормальной жизнедеятельности растений...».

Таким образом черноземы обыкновенные, распространенные на территории Средней Сибири по содержанию гумуса относятся к высоко- и среднегумусным, по содержанию подвижного фосфора и обменного калия – низкообеспеченным. Водно – физические свойства вполне благоприятные для роста и развития сельскохозяйственных культур.

### Литература

1. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – 259 с.
2. Агрехимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
3. Бадмаева Ю.В. Мелиоративные мероприятия по оптимизации свойств агроландшафтов/ Ю. В. Бадмаева// Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. – № 3. – С.20-24.
4. Бадмаева Ю.В., Морев И.О., Кудрин В.С. Устойчивость агроландшафтов Минусинской лесостепи Красноярского края/ Ю. В. Бадмаева, И.О. Морев, В.

- С. Кудрин // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – № 1 (61). – С. 93-96.
5. Бадмаева Ю.В. Водообеспеченность агроландшафтов Ачинской лесостепи/ Ю. В. Бадмаева// Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 1. – С. 100 – 104.
6. Балабанов С.С., Тимофеева Н.М., Картамышев Н.И., Беседин Н.В. Биологизация земледелия и плотность почвы в зернопаропропашном севообороте/ С.С. Балабанов, Н.М. Тимофеева, Н.И. Картамышев, Н.В. Беседин//Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №1. – С. 57-58.
7. Беспалов В.А. Изменения свойств черноземов сегрегационных в агролесоландшафтах Центрального Черноземья//В.А. Беспалов// Агрохимия. – 2021. – № 12. – С. 23 – 36.
8. Сенькова Л.А., Гринец Л.В. Физические и водные свойства чернозема выщелоченного Южного Урала в связи с орошением // Научное обозрение. Биологические науки.–2017.– №2.– С.136-141 URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1061> (дата обращения: 15.04.2026).
9. Шеуджен А.Х. Органическое вещество почвы и его экологические функции / А.Х. Шеуджен., Н.Н. Нецадим, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 202 с.
10. Шпедт А. А., Трубников Ю. Н., Развитие представлений о географии, свойствах и плодородии черноземов Красноярского края // «Живые и биокосные системы». – 2016. – № 16; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-16/article-3>; DOI: 10.18522/2308-9709-2016-16-3(дата обращения: 15.04.2026).

### References

1. Agrophysical methods of soil research. Moscow: Nauka Publ., 1966, 259 p.
2. Agrochemical methods of soil research. Moscow: Nauka Publ., 1975, 656 p.
3. Badmaeva Yu.V. Meliorative measures to optimize the properties of agricultural landscapes/ Yu.V. Badmaeva// Melioration and water management. – 2023. – No. 3. – pp.20-24.

4. Badmaeva Yu.V., Morev I.O., Kudrin V.S. Sustainability of agro-landscapes of the Minusinsk forest-steppe of the Krasnoyarsk Territory / Yu.V. Badmaeva, I.O. Morev, V. S. Kudrin // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. – 2021. – № 1 (61). – Pp. 93-96.
5. Badmaeva Yu.V. Water availability of agro-landscapes of the Achinsk region/ Yu.V. Badmaeva// Bulletin of KrasGAU, 2022, No. 1, pp. 100-104.
6. Balabanov S.S., Timofeeva N.M., Kartamyshev N.I., Besedin N.V. Biologization of agriculture and soil density in grain-and-crop rotation/ S.S. Balabanov, N.M. Timofeeva, N.I. Kartamyshev, N.V. Besedin//Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2013, No. 1, pp. 57-58.
7. Bepalov V.A. Changes in the properties of segregationist chernozems in agroforestry landscapes of the Central Chernozem region//V.A. Bepalov// Agrochemistry. – 2021. – No. 12. – pp. 23-36.
8. Senkova L.A., Grinets L.V. Physical and water properties of the leached chernozem of the Southern Urals in connection with irrigation // Scientific review. Biological sciences. -2017. – No. 2. – Pp.136-141 URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1061> (accessed: 04/15/2026).
9. Sheujen A.H. Soil organic matter and its ecological functions / A.H. Sheujen, N.N. Neschadim, L.M. Onishchenko. Krasnodar: KubGAU Publ., 2011. 202 p.
10. Shpedt A. A., Trubnikov Yu. N., The development of ideas about the geography, properties and fertility of chernozems of the Krasnoyarsk Territory // "Living and biokos systems". – 2016. – No. 16; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-16/article-3>; DOI: 10.18522/2308-9709-2016-16-3(accessed: 04/15/2026).

© Клочко А.С., Бадмаева С.Э., 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 2, 163-174.