Научная статья
УДК 631.4
doi:10.35694/YARCX.2026.73.1.003

АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Екатерина Борисовна Ротькина[1], Елена Николаевна Харченко[2]
[1, 2]Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкова, Кемерово, Россия
[1]k.rot@mail.ru, ORCID 0000-0002-6437-0292
[2]harchenko-en@mail.ru

Реферат. Почвы являются основным ресурсом для сельского хозяйства и экосистемы в целом, обеспечивая растения необходимыми питательными веществами и водой. В Кемеровской области, как и в других регионах России, состояние пахотных почв находится под влиянием различных факторов, включая антропогенные изменения, которые в последние десятилетия становятся всё более актуальными. Кузбасс – Кемеровская область, расположенная на границе Западно-Сибирской равнины и горных массивов, характеризуется сложным ландшафтно-климатическим разнообразием. Экосистема региона подвержена значительным воздействиям со стороны промышленности, прежде всего растительный покров и почвенный слой. Наиболее важным параметром при оценке состояния плодородия почв традиционно считается содержание в них калия и фосфора. Несмотря на то, что наблюдаются тенденции к снижению подвижной фракции фосфора в пахотных землях, плодородие в целом поддерживается на высоком уровне благодаря повышенному содержанию гумуса и значительному уровню P_2O_5. В статье анализируются показатели содержания калия, фосфора, а также органического вещества в пахотных почвах отдельных муниципальных округов Кемеровской области. Цель исследования – изучение элементов питания (содержание фосфора, калия, органического вещества) в пахотных почвах региона, охватывающего территорию Кузбасса. Проведённые исследования показали, что в пахотных почвах региона преобладает средний уровень подвижного фосфора, а концентрация обменного калия остаётся высокой, и дополнительные меры по его увеличению не требуются. Наметившаяся положительная тенденция эффективного использования систем внесения удобрений должна подкрепляться разрабатываемыми способами обработки почвы, направленными на повышение плодородия почвы, которые будут учитывать специфику материнских горных пород, почв и климатические особенности Кемеровской области – Кузбасса.

Ключевые слова: *почва, пашня, фосфор, калий, органическое вещество, плодородие, Кемеровская область*

ANALYSIS OF NUTRIENTS IN ARABLE SOILS OF THE KEMEROVO REGION

Ekaterina B. Rot'kina[1], Elena N. Kharchenko[2]
[1, 2]Kuzbass State Agrarian University named after V. N. Poletskov, Kemerovo, Russia
[1]k.rot@mail.ru, ORCID 0000-0002-6437-0292
[2]harchenko-en@mail.ru

Abstract. Soils are a major resource for agriculture and the ecosystem as a whole, providing plants with essential nutrients and water. In the Kemerovo region, as in other regions of Russia, the state of arable soils is influenced by various factors, including anthropogenic changes, which have become increasingly relevant in recent decades. Kuzbass – Kemerovo region, located on the border of the West Siberian Plain and mountain ranges, is characterized by a complex landscape and climatic diversity. The ecosystem of the region is subject to significant industrial impacts, primarily vegetation cover and soil layer. The most important parameter in assessing the state of soil fertility is traditionally considered to be the content of potassium and phosphorus in them. Although there are trends towards a decrease in mobile phosphorus fraction in arable lands, fertility is generally maintained at a high level due to the increased humus content and a significant level of P_2O_5. The article analyzes the indicators of the potassium and phosphorus content as well as organic matter in

arable soils of certain municipal districts of the Kemerovo region. The purpose of the research is to study the nutrients (phosphorus, potassium, organic matter content) in the arable soils of the region covering the territory of Kuzbass. The conducted researches have shown that the average level of mobile phosphorus prevails in the arable soils of the region, and the concentration of exchangeable potassium remains high, and additional measures to increase it are not required. The emerging positive trend in the effective use of fertilizer application systems should be supported by the methods of tillage under development aimed at increasing soil fertility, which will take into account the specifics of parent rocks, soils and climatic features of the Kemerovo region – Kuzbass.

Keywords: *soil, arable land, phosphorus, potassium, fertility, organic matter, Kemerovo region*

Введение. Усиление антропогенного фактора серьёзно влияет на агроэкологические свойства почв, иногда вызывая полную потерю плодородного слоя в ходе промышленного освоения территорий. Многочисленные мониторинговые данные свидетельствуют о ежегодном снижении плодородия почв, что обусловлено ухудшением состояния пахотных земель в регионе и по всей России [1]. Исследования многих авторов указывают на повышение кислотности и снижение подвижного фосфора и обменного калия в почвах.

Почвы Кемеровской области – Кузбасса выделяются среди почв Западно-Сибирской низменности благодаря своим уникальным особенностям, проявляющимся в морфометрии, составе и структуре. Чернозёмы региона характеризуются хорошей структурой, высоким содержанием гумуса, более развитыми гумусными горизонтами и удовлетворительной структурностью. Многолетние исследования показывают, что общее содержание валового фосфора с низкой подвижностью колеблется от 0,15 до 0,30% [2].

Доступность фосфора для растений в значительной мере зависит от состава почвенного поглотительного комплекса, где кальций, магний, а также оксиды железа и алюминия формируют с ионами фосфата малорастворимые и нерастворимые соединения [3].

Гумус, являющийся важным источником фосфора для растений, в процессе минерализации освобождает усвояемые фосфаты. Почвенное органическое вещество содержит до 5% азота и до 2,5% P_2O_5. Формирование органического вещества поддерживается за счёт внесения органических удобрений и наличия на полях непродовольственной части урожая.

Современное земледелие ставит в приоритет сохранение, поддержание и восстановление плодородия пахотных земель, поскольку при ежегодной сельскохозяйственной эксплуатации гумус частично утрачивается под влиянием биологических и антропогенных факторов. В связи с этим ключевым направлением выступает сохранение плодородия и снижение механического разрушения структуры почв. Для решения данной задачи применяются инновационные технологии обработки почвы либо полностью отказываются от её обработки (No-till) с использованием современной техники в условиях умеренных норм минеральных удобрений и средств защиты растений [4; 5].

Цель исследования – изучение элементов питания (содержание фосфора, калия, органического вещества) в пахотных почвах региона, охватывающего территорию Кузбасса.

Объекты и методы исследования. Исследование проводили на землях сельскохозяйственного назначения (пашня) выбранных муниципальных округов Кузбасса (площадь порядка 250 га) с ранней весны до конца лета 2022–2024 гг. В исследовании принимали участие крестьянско-фермерские хозяйства, в основном специализировавшиеся на возделывании зерновых и зернобобовых культур, а в некоторых случаях – масличных культур. В этих хозяйствах применяли четырёхпольный севооборот совместно с системой No-till.

Для оценки плодородия почв проводили агрохимический анализ с использованием следующих методов: содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по методике Чирикова (ГОСТ 26204-91), а уровень органического вещества (гумуса) измеряли по методике Тюрина с модификацией ЦИНАО (ГОСТ 26213-91).

Результаты и их обсуждение. Фосфор является ключевым элементом, влияющим на жизнедеятельность растений, поскольку он участвует в обмене веществ и имеет важное значение для процессов фотосинтеза и дыхания. При оптимальном обеспечении фосфором корневая система растений углубляется и разветвляется более широко, что значительно улучшает поглощение питательных веществ и воды, ускоряет рост и созревание растений, а также повышает их устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам. Фосфор является составной частью нуклеиновых кислот, необходимых для синтеза ДНК и РНК, он также оказывает влияние на процессы цветения и плодоношения, способствуя формированию качественных плодов и урожая в целом.

Основным источником фосфора являются органические остатки растений в сочетании

с минералами почвы, которые освобождаются в процессе разложения и гидролиза. Для полной компенсации потребности растений в фосфоре требуется внесение удобрений. Исследования авторов В. С. Анохина, Ю. А. Королева показывают, что «увеличение дозы азотных удобрений приводит к снижению концентрации фосфора в зерне пшеницы, тогда как применение фосфорных удобрений способствует её увеличению. При использовании исключительно азотных удобрений запасы фосфора в семенах уменьшаются, однако адекватное фосфорное питание повышает содержание фитина» [4].

По данным О. И. Просянниковой, «несмотря на прекращение масштабного применения фосфорных удобрений, уровень фосфора в верхнем пахотном слое почвы остаётся стабильным» [1; 5; 6]. Такое явление О. И. Просянникова и другие авторы объясняют формированием гетерогенного равновесия в почве, которое связано с медленными процессами связывания P_2O_5 и относительно небольшим выносом фосфора с урожаем. Содержание фосфора в почвенном растворе способствует увеличению доли зерна в урожае зерновых культур, стимулируя синтез сахаров в овощах и корнеплодах, а, кроме того, оказывает влияние на содержание масла в семенах. При достаточном уровне фосфора в почве урожайность масличных культур возрастает более чем на 0,3–0,5 т/га, при этом содержание жиров в семенах увеличивается до 3%. Применение удобрений способствует более эффективному использованию запаса почвенного фосфора.

Количество подвижных форм фосфатов в почве является важным показателем, отражающим обеспеченность растений доступным фосфором и определяющим необходимость применения фосфорных удобрений [6; 7; 8]. Более подробные данные по агрохимическому анализу почв с учётом содержания подвижных фосфатов представлены в таблице 1.

Анализ агрохимических показателей выявил, что в большинстве муниципальных округов Кемеровской области почвы пахотного слоя характеризуются низкими уровнями содержания фосфора. Максимальные значения в течение исследуемого периода были зафиксированы в почвах Прокопьевского муниципального округа, достигнув 103,4 мг/кг, тогда как минимальные показатели наблюдались в Топкинском (36,17 мг/кг) и Яйском (57,23 мг/кг) округах. Как известно, оптимальное содержание фосфора для зерновых культур находится в интервале 130–150 мг/кг почвы, а для пропашных – в пределах 160–170 мг/кг. Из этого вытекает необходимость внесения фосфорных удобрений в почву при возделывании сельскохозяйственных культур на тех площадях, где отмечается дефицит данного элемента, для обеспечения нормального питания растений.

Кроме того, зоны с умеренным увлажнением, где материнская порода богата фосфатами и где регулярное применяются системы удобрений, характеризуются амплитудой колебаний концентрации P_2O_5 от 20 до 29%. Разница между максимальным и минимальным содержанием фосфора достигает 30–40% на большинстве обследованных участков. Результаты ряда исследований свидетельствуют о том, что вносимые удобрения активно влияют на динамику подвижного фосфора, стимулируя как повышение, так и понижение его концентрации в почве [1; 4; 6; 8].

Калий является одним из важнейших элементов, необходимых для нормального роста и развития растений, участвующим в обмене углеводов и белков, обеспечивающих процессы фотосинтеза и усиливающих водопоступление в клетки, повышая осмотическое давление клеточного сока, способствуя, тем самым, повышению устойчивости растений к водному дефициту. Под влиянием этого элемента понижается температура замерзания клеточного сока, вследствие чего увеличивается морозостойкость растений. Кроме того, калий активирует ферментные системы, участвующие в биосинтезе углеводов, что приводит к увеличению содержания сахаров и других метаболитов в плодах и семенах.

Таблица 1 – Содержание подвижных форм фосфора в пахотных почвах Кемеровской области в разрезе муниципальных округов

Муниципальный округ	Содержание, мг/кг			
	среднее	минимальное	максимальное	диапазон
Кемеровский	87,60	59,25	151,32	92,07
Ленинск-Кузнецкий	76,68	35,40	131,95	96,55
Прокопьевский	103,40	60,35	169,60	109,25
Промышленновский	64,23	19,56	101,89	82,33
Топкинский	36,17	26,54	51,01	24,47
Яйский	57,23	25,91	136,74	110,83

Таблица 2 – Содержание подвижных форм калия в пахотных почвах Кемеровской области в разрезе муниципальных округов

Муниципальный округ	Содержание, мг/кг			
	среднее	минимальное	максимальное	диапазон
Кемеровский	71,85	33,38	172,25	138,87
Ленинск-Кузнецкий	47,16	9,95	163,38	153,43
Прокопьевский	58,51	32,86	89,00	56,14
Промышленновский	75,79	23,33	161,50	138,17
Топкинский	145,64	75,17	265,00	189,83
Яйский	44,69	34,81	65,25	30,44

Различные сельскохозяйственные культуры предъявляют неодинаковые требования к калийному питанию и чувствительности к его недостатку. Зерновые и зернобобовые культуры характеризуются меньшими потребностями. У масличных культур более высокая зависимость от калия проявляется в период формирования и налива семян, достигая 70% общего потребления. Обеспечение элементом в эти сроки стимулирует повышение содержания полиненасыщенных жирных кислот, повышающих техническую и пищевую ценность масла [4; 9].

На усвоение калия влияют климатические условия, биологические особенности растений, температурный режим и гумусный состав почвы. Калий в почве представлен разными формами, доступным для растений остаётся преимущественно обменный калий, который считается показателем степени обеспечения культуры этим микроэлементом [4; 8; 9].

Проведённое агрохимическое обследование подтвердило высокий уровень содержания калия в почвах исследуемых нами территорий (табл. 2).

В муниципальных округах Топкинский (145,64 мг/кг), Кемеровский (71,85 мг/кг) и Промышленновский (75,79 мг/кг) на пахотных землях выявлена высокая концентрация калия. С учётом того, что для зерновых культур оптимальным уровнем калия считается 150 мг/кг почвы, в большинстве проведённых обследованиях содержание этого элемента превышало требуемый минимум.

Содержание органического вещества в почве напрямую оказывает значительное влияние на доступность фосфора и калия для растений. Регулярное проведение исследований состояния гумусового горизонта пахотных земель позволяет получать объективные данные о динамике плодородия агроценозов, а также своевременно выявлять негативные тенденции и корректировать возможные пути оптимизации земледелия.

На содержание органического вещества в пахотных почвах влияют климатические условия региона исследования, тип почвообразующих пород, выбранные режим земледелия и системы удобрений и ещё многие факторы антропогенного происхождения [10; 11].

Изучение содержания органического вещества в пахотных почвах в муниципальных округах Кемеровской области проводилось фотометрическим методом, полученные результаты представлены в таблице 3.

Органическое вещество является важной составляющей плодородия почв, которая определяет её физико-химические свойства, биологическую активность, а также способность обеспечивать растения необходимыми элементами питания. Из полученных данных видно, что наименьшие значения по содержанию органического вещества на-

Таблица 3 – Содержание органического вещества в пахотных почвах Кемеровской области в разрезе муниципальных округов

Муниципальный округ	Содержание, %			
	среднее	минимальное	максимальное	диапазон
Кемеровский	9,26	7,64	11,12	3,48
Ленинск-Кузнецкий	8,76	7,33	10,89	3,56
Прокопьевский	9,44	7,76	11,25	3,49
Промышленновский	8,54	7,42	10,18	2,76
Топкинский	8,38	7,01	11,12	4,11
Яйский	8,04	4,71	10,26	5,55

блюдались в Яйском муниципальном округе, что связано как с многолетним использованием данной территории, так и с особенностями почвенного покрова. Наибольшие значения отмечены в Кемеровском и Прокопьевском муниципальных округах Кемеровской области, что подтверждает ранее полученные агрохимические данные по содержанию фосфора и калия.

Выводы. Таким образом, состояние фосфора и калия в пахотных почвах Кемеровской области является особо важным аспектом, требующим внимательного изучения и анализа. Данные элементы играют критическую роль в обеспечении роста и развития растений, а их недостаток в большинстве случаев ведёт к значительным потерям урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому целесообразно разрабатывать и внедрять методы, направленные на повышение плодородия почвы, которые будут учитывать специфику материнских горных пород, почв и климатические особенности Кемеровской области – Кузбасса.

Исследования показали, что в пахотных почвах Кемеровской области – Кузбассе преобладает средний уровень подвижного фосфора. Этот факт свидетельствует о положительной тенденции, отмечающейся после периода интенсивного, а порой и неконтролируемого применения химических средств в сельском хозяйстве 1970-х годов. Эффективное использование различных методов обработки почвы и систем внесения удобрений обеспечивает более рациональное усвоение растениями доступного фосфора. Вместе с тем внесение малых доз удобрений может приводить к снижению содержания подвижных фосфатов. При этом концентрация обменного калия остаётся высокой, поэтому дополнительные меры по его увеличению не требуются.

Хотелось бы отметить, что необходимо комплексно подходить к изучению состояния фосфора и калия в пахотных почвах Кемеровской области – Кузбассе. Эта процедура должна включать в себя не только мониторинг агрохимических показателей, но и разработку эффективных агрономических практик, которые, в свою очередь, будут направлены на восстановление, поддержание и сохранение плодородия почв. Данная работа должна проводиться с участием всех заинтересованных: учёных, агрономов, фермеров, собственников всех форм хозяйствования и т.д., что, в конечном итоге, должно привести к обеспечению устойчивого развития аграрного сектора экономики региона.

Список источников

1. Просянникова О. И., Просянников В. И. Плодородие почв и урожайность полевых культур в условиях Кемеровской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. Т. 28, № 10. С. 3–7. EDN RFVQNU.

2. Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск : Изд-во «Наука», Сибирское отделение, 1975. 300 с. EDN YURHGX.

3. Гамзиков Г. П., Кулагина М. Н. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования. М. : ВНИТЭИагропром, 1992. 48 с.

4. Анохин В. С., Королев Ю. А. Фосфорные удобрения и содержание подвижных форм фосфора в почвах Кемеровской области // Агрохимический вестник. 2006. № 3. С. 4–6. EDN LLVAMT.

5. Просянникова О. И. Почвенно-агрохимическое районирование Кемеровской области // Агрохимический вестник. 2006. № 1. С. 3–4. EDN LLVABZ.

6. Степанова О. И., Просянников В. И., Клевлина Т. П. Баланс основных элементов питания в земледелии Кузбасса // Агрохимический вестник. 2020. № 6. С. 3–6. DOI 10.24411/1029-2551-2020-10075. EDN COURIL.

7. Овчаренко М. М., Шильников И. А., Комарова Н. А. Приемы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Агрохимический вестник. 2005. № 3. С. 002–004. EDN RRYHAT.

8. Галеева Л. П., Широких П. С. Свойства черноземов выщелоченных Новосибирского Приобья при различных обработках // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 11. С. 9–13. DOI 10.24411/0235-2451-2018-11102. EDN VQQQNW.

9. Морозов С. А., Куркова С. В. Оценка агрохимических показателей плодородия почв пашни в условиях северо-запада, запада и юго-запада Новосибирской области // Агрохимический вестник. 2022. № 2. С. 3–7. DOI 10.24412/1029-2551-2022-2-001. EDN ZRDELX.

10. Чекмарев П. А., Лукин С. В., Сискевич Ю. И. [и др.] Мониторинг содержания органического вещества в пахотных почвах ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 9. С. 23–26. EDN OGBSVJ.

11. Лукин С. В. Содержание органического вещества в пахотных почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 4. С. 44–45. EDN MSRIZJ.

References

1. Prosyannikova O. I., Prosyannikov V. I. Plodorodie pochv i urozhajnost’ polevyh kul’tur v usloviyah Kemerovskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. T. 28, № 10. S. 3–7. EDN RFVQNU.

2. Trofimov S. S. Ekologiya pochv i pochvennye resursy Kemerovskoj oblasti. Novosibirsk : Izd-vo «Nauka», Sibirskoe otdelenie, 1975. 300 s. EDN YURHGX.

3. Gamzikov G. P., Kulagina M. N. Izmenenie soderzhaniya gumusa v pochvah v rezul'tate sel'skohozyajstvennogo ispol'zovaniya. M. : VNITEIagroprom, 1992. 48 s.

4. Anokhin V. S., Korolev Yu. A. Fosfornye udobreniya i soderzhanie podvizhnyh form fosfora v pochvah Kemerovskoj oblasti // Agrohimicheskij vestnik. 2006. № 3. S. 4–6. EDN LLVAMT.

5. Prosyannikova O. I. Pochvenno-agrohimicheskoe rajonirovanie Kemerovskoj oblasti // Agrohimicheskij vestnik. 2006. № 1. S. 3–4. EDN LLVABZ.

6. Stepanova O. I., Prosyannikov V. I., Klevlina T. P. Balans osnovnyh elementov pitaniya v zemledelii Kuzbassa // Agrohimicheskij vestnik. 2020. № 6. S. 3–6. DOI 10.24411/1029-2551-2020-10075. EDN COURIL.

7. Ovcharenko M. M., Shil'nikov I. A., Komarova N. A. Priemy detoksikacii pochv, zagryaznennyh tyazhelymi metallami // Agrohimicheskij vestnik. 2005. № 3. S. 002–004. EDN RRYHAT.

8. Galeeva L. P., Shirokikh P. S. Svojstva chernozemov vyshchelochennyh Novosibirskogo Priob'ya pri razlichnyh obrabotkah // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32, № 11. S. 9–13. DOI 10.24411/0235-2451-2018-11102. EDN VQQQNW.

9. Morozov S. A., Kurkova S. V. Ocenka agrohimicheskih pokazatelej plodorodiya pochv pashni v usloviyah severo-zapada, zapada i yugo-zapada Novosibirskoj oblasti // Agrohimicheskij vestnik. 2022. № 2. S. 3–7. DOI 10.24412/1029-2551-2022-2-001. EDN ZRDELX.

10. Chekmarev P. A., Lukin S. V., Siskevich Yu. I. [i dr.] Monitoring soderzhaniya organicheskogo veshchestva v pahotnyh pochvah CCHR // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. № 9. S. 23–26. EDN OGBSVJ.

11. Lukin S. V. Soderzhanie organicheskogo veshchestva v pahotnyh pochvah Belgorodskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 4. S. 44–45. EDN MSRIZJ.

Сведения об авторах

Екатерина Борисовна Ротькина – кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкова», spin-код: 2298-4335.

Елена Николаевна Харченко – кандидат химических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией агроэкологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкова», spin-код: 3077-1483.

Information about the authors

Ekaterina B. Rot'kina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Landscape Architecture, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education "Kuzbass State Agrarian University named alter V. N. Poletskov", spin-code: 2298-4335.

Elena N. Kharchenko – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Agroecology Research Laboratory, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education "Kuzbass State Agrarian University named alter V. N. Poletskov", spin-code: 3077-1483.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.