

4. Maslov B.S., Shkalikov V.A., Shamanaev V.A., Lysenok A.P. Investigation of methods of complex regulation of plant life factors on peat soils // Complex reclamation. – M.: Kolos, 1980. – S. 145-162.
5. Belkovsky V.I. Ways of transformation of thin peatlands into soils with a mineral topsoil by deep plowing. – Minsk, 1983. – 44 p.
6. Motorin A.S. Influence of treatments on the nitrogen regime and productivity of perennial grasses on peaty-gley soil of the Northern Trans-Urals // Melioration and water management. – 2022. – No. 4. – P. 25-29.
7. Shipovsky A.K. Processing of peat-bog soils of lowland type // Agriculture. – 1978. – No. 11. – S. 45-49.
8. Starkov V.M. Some issues of heat supply of peat-bog soils of the Krasnoyarsk forest-steppe // Improving the efficiency of the use of reclaimed

- lands in Siberia // Nauch. tr. SibNII GiM. – Krasnoyarsk, 1976. – P. 235-236.
9. Mazhaisky Yu.A., Kurchevsky S.M. Increasing the productivity of shallow peat soils with the introduction of mineral additives // Agrochemical Bulletin. – 2015. – No. 1. – P. 15-17.
10. Kurchevsky S.I., Podnebesnaya E.I., Vinogradov D.V. Comparative assessment of sanding and claying to increase the productivity of peat soils // Agrochemical Bulletin. – 2013. – No. 2. – S. 27-28.
11. Motorin A.S., Bukin A.V. Water-physical properties of drained peat soils in the forest-steppe zone of the Northern Trans-Urals // Sib. vestn. s.-x. Sciences. – 2017. – No. 5. – P. 5-12.

UDC 626.86.631.445(571.1)

**INFLUENCE OF PLOWING OF PEATY-GLEY SOIL ON THE WATER-THERMAL REGIME AND BARLEY YIELD IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN TRANS-URALS**

*Motorin A.S., Doctor of Agricultural Sciences sciences, professor State Agrarian University of Northern Trans-Urals 625003, Russia, Tyumen, st. Republic, 7 Email: a.s.motorin@mail.ru, tel. 7(950)482-58-88*

*An increase in the depth of plowing of peaty-gley soil from 0.22 to 0.37 m reduces the smallest moisture capacity in the 0.2-meter layer from 60.3 to 39.5 mm, in the 0.2-0.4 m layer increases it by 4.7 mm. Plowing 0.15 m of mineral soil increases the moisture reserves in the root layer of 0.3 m by 9.6 mm. At a depth of 0.6-1.0 m, moisture reserves do not depend on the amount of plowing. The effect of mineral soil plowing on the temperature of peaty-gley soil is insignificant. Enrichment of the peat layer with mineral soil due to deep plowing increases the yield of barley by 0.24-0.71 t/ha and improves the quality of barley grain.*

*Key words: peaty-gley soil, plowing, mineral soil, moisture, temperature, productivity*

УДК 631.425:631.86

DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.13

**УЧЕТ ВЛАЖНОСТИ ПРИ КОСВЕННОЙ ОЦЕНКЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПО СПЕКТРАМ ОТРАЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ)**

*Р.В. Окунев, к.б.н., К.Г. Гиниятуллин, к.б.н., Е.В. Смирнова, к.б.н., Казанский (Приволжский) федеральный университет 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18. e-mail: tutinkaz@yandex.ru*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-24-00242*

*Изучено влияние влажности старорыхлосного горизонто залежных светло-серых и серых лесных почв на спектры отражения в ближнем ИК-диапазоне. Показано, что это влияние наиболее существенно проявляется в диапазоне длин волн 2200-2320 нм, который можно использовать для косвенной оценки содержания влаги в старорыхлосных горизонтах. Показатель связи ( $R^2$ ) содержания влаги и отражения составляет 0,90-0,98. Для косвенной оценки содержания органического вещества (ОВ) рекомендуется использовать показатели отражения в диапазоне длин волн 1714-2000 нм, которые мало зависят от влажности почвы. Показатель связи между отражательной способностью в данном диапазоне и содержанием ОВ равен 0,85-0,96.*

*Ключевые слова: почвенное органическое вещество, инфракрасная спектроскопия, влияние влажности, залежные почвы*

Для цитирования: Окунев Р.В., Гиниятуллин К.Г., Смирнова Е.В. Учет влажности при косвенной оценке содержания органического вещества по спектрам отражения (на примере изучения залежных почв)// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 53-57. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.13.

В последнее время много внимания уделяют изучению возможности использования отражательной способности почв в видимой, ближней и средней ИК-областях спектра для характеристики их химических свойств, включая содержание ОВ [1,2]. Преимуществами замены аналитических процедур измерением показателей отражательной способности почв являются быстрота и дешевизна анализа в сочетании с исключением использования токсичных химических реагентов [3]. Считается, что оценка содержания ОВ с использованием ИК-спектроскопии может рассматриваться как

реальная альтернатива методам его аналитического определения [3, 4]. Например, в работе [5] показано, что исследование стандартных почвенных образцов с применением сложного лабораторного спектрального оборудования и математических методов обработки спектров отражения в средней ИК-области позволяет получить показатели корреляции эталонного и прогнозируемого содержания ОВ на уровне 0,97-0,98.

Использование результатов прямого измерения отражательной способности в различных диапазонах спектра как косвенного предиктора содержания ОВ является

информативным при изучении залежных почв [6], так как получение показателей отражения открытой почвы по данным дистанционного зондирования Земли под залежной растительностью часто невозможно. Необходимость оценки запасов ОВ в постагрогенных почвах – актуальная задача в аспекте как учета вклада залежей в сеquestrацию атмосферного углерода [7], так и необходимости разработки оптимальных технологий их возвращения в сельскохозяйственный оборот.

Несмотря на точность и надежность определения содержания ОВ по характеристикам, полученным спектральным изучением почвенных образцов в лабораторных условиях, становится все более популярным полевое определение отражательной способности почв с использованием портативных спектрометров [2]. Их применение в полевых условиях позволяет оперативно получать необходимые показатели отражения без затрат на отбор почвенных проб и их пробоподготовку. Однако, в данном случае, может возникнуть ряд трудностей, связанных с необходимостью учета физического состояния почвенного материала, влияющего на спектральные характеристики, в том числе его влажности. В работе [8] показано, что уменьшение влажности приводит к синхронному увеличению интегрального отражения в диапазоне длин волн 400-900 нм, но только в достаточно узких интервалах изменения содержания влаги, которые довольно специфичны для разных почв.

**Цель исследований** – изучить влияние влажности старопашотного горизонта залежных почв на оценку содержания ОВ по отражательной способности в ближнем ИК-диапазоне и оценить эффективность использования корректирующих поправочных коэффициентов на содержание влаги.

**Методика.** В качестве объектов исследования использовали старопашотные горизонты разновозрастных (15-30 лет) залежных светло-серых (образцы № 1-3) и серых лесных (образец №4) почв с близким гранулометрическим составом (легкий суглинок). Отбор образцов проводили с сопряженных залежных участков в июне после выпадения продолжительных осадков. Почву после удаления корней, в состоянии естественной влажности пропускали через сито с диаметром ячейки 3 мм. В образцах определяли полевую влажность, затем в вентилируемом термостате при 20°C почву доводили до

влажности 15-20 и 10-15%, контроль проводили гравиметрически. В образцах, доведенных до воздушно-сухого состояния, определяли содержание гигроскопической влаги и органического углерода по методу И.В. Тюрина. Основные характеристики использованных почв представлены в таблице.

Свойства почв, использованных в опыте			
№ образца почвы	Содержание органического углерода	Полевая влажность	Гигроскопическая влажность воздушно-сухих образцов
1	1,5±0,1	29,2±0,2	5,0±0,2
2	2,4±0,1	39,8±0,2	5,3±0,2
3	1,1±0,1	22,3±0,2	5,0±0,2
4	3,2±0,1	36,0±0,3	6,9±0,2

Измерение отражательной способности проводили 4 раза: в образцах с исходной полевой влажностью (ИПВ), в образцах, доведенных до влажности 15-20 и 10-15%, а также в воздушно-сухом состоянии (ВСС). Спектры отражения измеряли в двух каналах ближнего инфракрасного диапазона: 1067-1714 нм (канал №1) и 1714-2320 нм (канал №2) с шагом 0,2 нм, после тщательного перемешивания проб. Для снятия спектров использовали спектрометр V2GO (Р-АЭРО, Россия). Спектры обрабатывали в программе Spekwin-32. По результатам БИК-спектрометрии строили графики зависимости отражательной способности от содержания в почве влаги и ОВ. Обработку данных проводили в программе MS Excel.

**Результаты и их обсуждение.** На рисунке 1 представлены спектры отражения старопашотного горизонта залежных почв в состоянии ИПВ и ВСС. Из общего анализа спектров можно сделать вывод, что влажность почвенного материала оказывает влияние на отражательную способность во всем спектральном диапазоне, однако наиболее сильное влияние наблюдалось при длинах волн 1240-1450; 1750-1850 и 2050-2320 нм. В пределах данных диапазонов находятся также спектральные полосы 1400-1500 и 1900-2450 нм, которые считаются наиболее информативными для оценки общего содержания ОВ [9]. Очевидно, что использование данных полос для оценки содержания ОВ без корректировки на влажность может дать существенно завышенные результаты.

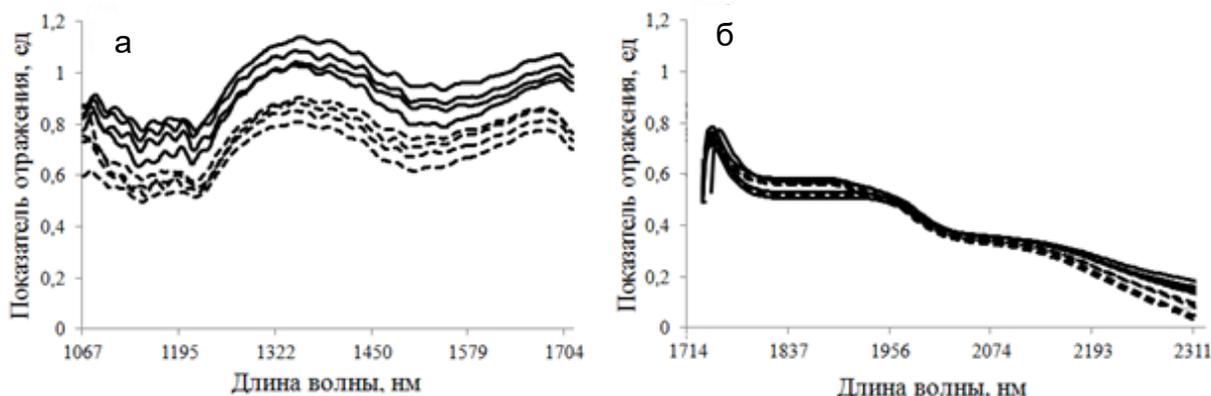


Рис. 1. Показатели отражения в диапазоне длин волн 1067-1680 нм (а) и 1714-2320 нм (б) для образцов залежных почв в состоянии ИПВ (непрерывные линии) и ВСС (пунктирные линии)

На рисунке 2 представлены графики показателя связи (коэффициента детерминации –  $R^2$ ) между влажностью и отражением почвенного материала с разным

содержанием ОВ в диапазонах ИК-спектров 1067-1704 и 1714-2320 нм. Для почв с высоким содержанием ОВ (образцы №2 и №4) в канале №1 были получены более

высокие значения коэффициента детерминации – от 0,65 до 0,90-, чем для почв с низким уровнем ОВ (образцы №1 и №3) – от 0,32 до 0,73. Для канала №2 прослеживалась другая зависимость. В начале диапазона связь для всех образцов была минимальна ( $R^2=0,20$ ), но резко увеличивалась в диапазоне 1750-1850 нм – до  $R^2=0,69-0,95$ . Начиная с 1850 нм, значения  $R^2$  продолжали

увеличиваться и достигли максимальных величин ( $R^2=0,90-0,98$ ) при длине волны 2320 нм. В диапазоне длин волн 2200-2320 нм влияние содержания ОВ на показатели отражения минимально и данные длины волн можно считать наиболее информативными для косвенной оценки содержания влаги по отражательной способности старопахотного горизонта.

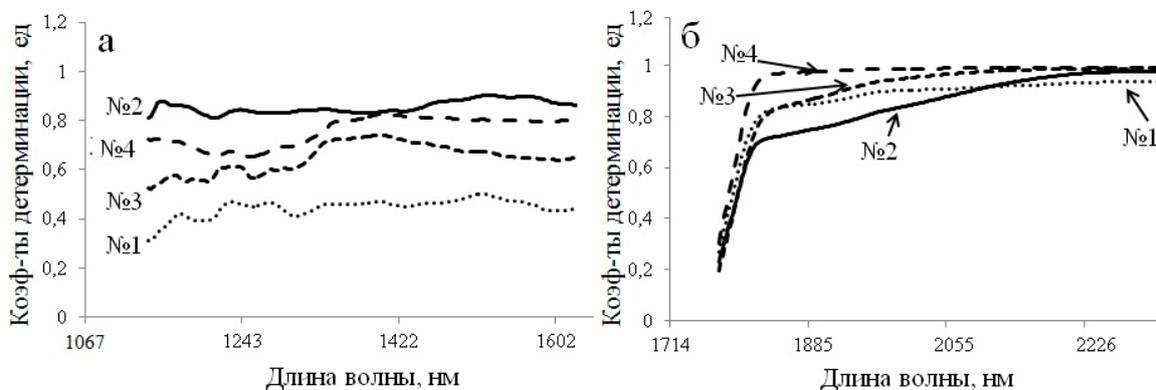


Рис. 2. Значения коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) при разных длинах волн между показателем отражения и значением влажности для четырех образцов залежных почв: а – канал №1 (1067-1680 нм), б – канал №2 (1714-2320 нм)

На рисунке 3 представлены значения  $R^2$  между содержанием ОВ и отражением при разных уровнях влажности в диапазонах ИК-спектров 1067-1680 и 1714-2320 нм. При длинах волн 1067-1680 нм при максимальном уровне влажности отмечаются наименьшие значения коэффициента детерминации ( $R^2=0,01-0,25$ ). С уменьшением влажности значения показателя связи  $R^2$  между интенсивностью отражения и содержанием ОВ увеличиваются. Также наблюдается существенное различие в показателе связи на разных участках спектра. Минимальные показатели характерны для длин волн 1200-1300 нм, максимальные при длинах волн 1629-1650 нм. Исключением являлись результаты, полученные при влажности 15-20%, для которых связь между показателями отражения и содержанием ОВ в диапазоне 1300-1714 нм оказалась достаточно высокой ( $R^2=0,85-0,95$ ). Это свидетельствует о неоднозначности влияния влаги на отражательную способность в разных диапазонах ее содержания

при разных длинах волн. В канале №2 результаты оценки связи дают более однозначные зависимости. В первой части диапазона канала №2 (примерно от 1714 до 2000 нм) прослеживается тесная связь между показателем отражения и содержанием ОВ вне зависимости от содержания влаги ( $R^2=0,85-0,96$ ). Далее значения коэффициентов детерминации резко снижаются до практически нулевых показателей ( $R^2=0,02$ ) в диапазоне 2060-2120 нм. Из анализа результатов исследований можно сделать вывод, что измерение отражения почвенного материала для оценки содержания ОВ при различной влажности старопахотного горизонта залежных почв в широких каналах спектров в достаточной степени проблематично. Можно рекомендовать для оценки содержания ОВ узкий диапазон длин волн 1714-2000 нм, в котором отражательная способность старопахотного горизонта мало зависит от влажности и наблюдается тесная связь между показателями.

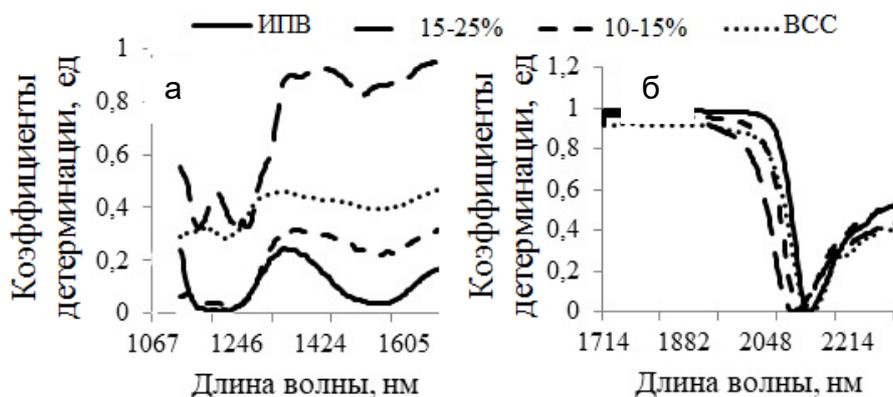


Рис. 3. Значения коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) при разных длинах волн между показателями отражения и содержанием ОВ при уровнях влажности почв: ИПВ (исходная полевая влажность), 15-20, 10-15% и ВСС (воздушно-сухое состояние): а – канал №1 (1067-1680 нм), б – канал №2 (1714-2320 нм)

При необходимости использования широких диапазонов длин волн для оценки отражательной способности почв, например, при анализе данных дистанционного зондирования Земли из открытых источников (Landsat,

Sentinel и др.), может быть продуктивным применение поправочных коэффициентов на влажность. Для оценки эффективности использования поправочных коэффициентов на содержание влаги была проведена

корректировка спектров с помощью метода, использованного ранее при изучении влияния влажности на спектры черноземов [10]. Корректировку спектров отражения проводили по формуле:

$$R_w = \frac{WR\lambda}{100},$$

где  $R_w$  – скорректированный по влажности показатель отражения, ед.;  $W$  – влажность образца почвы, %;  $R\lambda$  – показатель отражения при длине волны  $\lambda$ , ед.

Значения коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) при разных длинах волн между показателем отражения и содержанием ОВ по скорректированным спектрам представлены на рисунке 4. После применения корректировки показатели связи между интенсивностью отражения и содержанием ОВ значительно улучшились на всем диапазоне канала №1. Чем больше была влажность почв, тем лучше сработала корректировка, увеличив коэффициенты детерминации с  $R^2=0,01-0,25$  до  $R^2=0,85-0,95$ . В диапазоне 1714-2320 нм (канал №2) связь между показателями возросла незначительно.

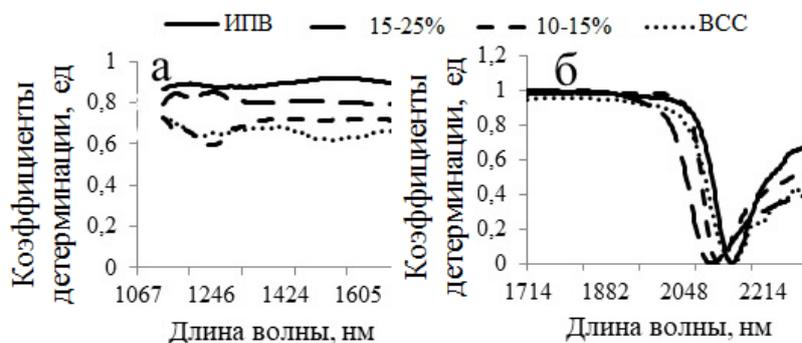


Рис. 4. Значения коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) при разных длинах волн между показателем отражения и содержанием ОВ по скорректированным спектрам при разной влажности почв: ИПВ (исходная полевая влажность) – 15-20, 10-15% и ВСС (воздушно-сухое состояние): а – канал №1 (1067-1680 нм), б – канал №2 (1714-2320 нм)

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что влажность оказывает значительное влияние на спектры отражения старопашотных горизонтов залежных почв. Влияние наиболее существенно при длинах волн 2200-2320 нм. Данный диапазон ИК-спектров можно рекомендовать для косвенной оценки содержания влаги в старопашотном горизонте залежных почв с достаточно высокой точностью ( $R^2=0,90-0,98$ ) при минимальном влиянии содержания ОВ. Из полученных данных можно сделать вывод, что использование показателей отражения в широких каналах ИК-спектров для характеристики содержания ОВ без учета влажности может давать смещенные результаты. Можно рекомендовать для оценки содержания ОВ в старопашотном горизонте использовать узкий диапазон длин волн 1714-2000 нм, в котором отражательная способность мало зависит от влажности и наблюдается тесная связь между показателями отражения и ОВ ( $R^2=0,85-0,96$ ). При использовании данного диапазона ИК-спектра, может проводиться косвенное определение содержания ОВ при минимальном влиянии влажности почвы на спектры отражения почвы.

В настоящее время в РФ принята и работает Государственная Программа возвращения залежных земель в пахотный оборот, поэтому разработка методик косвенного определения содержания ОВ в постагрогенных почвах по отражательной способности является перспективным направлением исследований. Возможность применения данных методик в полевых условиях с использованием портативных спектрометров, как в плане оперативной оценки гумусного состояния постагрогенных почв, так и разработки оптимальных мероприятий по возвращению залежных земель в сельскохозяйственный оборот, становится перспективной практикой.

#### Литература

1. Viscarra R.R.A. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties / R.R.A. Viscarra, D.J.J., Walvoort, A.B. McBratney, L.J. Janik, J.O. Skjemstad // Geoderma. – 2006. – Vol. 131(1-2). – P. 59-75. doi: 10.1016/j.geoderma.2005.03.007.
2. Докучаев П.М. Определение содержания органического углерода с помощью портативного спектрометра / П.М. Докучаев, Ю.Л. Мешалкина // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2016. – Т. 10. – Вып. 198. – С. 58-62.
3. Панкратова К.Г. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 1. Основные предпосылки использования БИК-спектроскопии для оценки загрязнения почв / К.Г. Панкратова, В.И. Щелоков, Г.А. Ступакова, А.В. Стрепетова // Плодородие. – 2012. – №2(65). – С. 49-50.
4. McCarty G.W. Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon management / G.W. McCarty, J.B. Reeves, V.B. Reeves, R.F. Follett, J.M. Kimble // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2002. – Vol. 66(2). – P. 640-646. doi: 10.2136/sssaj2002.6400a
5. Masserschmidt I. Determination of organic matter in soils by FTIR/diffuse reflectance and multivariate calibration / I. Masserschmidt, C.J. Cuelbas, R.J. Poppi, J.C. de Andrade, C.A. de Abreu, C.U. Davanzo // J. Chemom. – 1999. – Vol. 13(3). – P. 265-273. doi: 10.1002/(sici)1099-128x(199905/08)13:3<43.0
6. Гиниятуллин К.Г. Использование показателей отражательной способности как ковариаты содержания органического вещества в залежных почвах / К.Г. Гиниятуллин, И.А. Сахабиев, Е.В. Смирнова, А.А. Валеева, С.С. Рязанов, Л.И. Латыпова // Ученые записки Казанского ун-та. Серия Естественные науки. – 2022. – Т. 164, кн. 3. – С. 438-456. doi: 10.26907/2542-064X.2022.3.438-456.
7. Кудряев В.Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации / В.Н. Кудряев // Почвоведение. – 2019. – № 1. – С. 109-121. doi 386 10.1134/S0032180X1901009X.
8. Савин И.Ю. Некоторые особенности использования оптических свойств поверхности почв для определения их влажности / И.Ю. Савин, Г.В. Виндекер // Почвоведение. – 2021. – № 7. – С. 806-814. doi: 10.31857/S0032180X21070121.
9. Peng X. Estimating soil organic carbon using VIS/NIR spectroscopy with SVMR and SPA methods / X. Peng, T. Shi, A. Song, Y. Chen, W. Gao // Remote Sensing. – 2014. – Vol. 6(4). – P. 2699-2717. doi: 10.3390/rs6042699.
10. Окунев Р.В. Учет влажности черноземов при оценке содержания органического вещества с помощью спектрометрии / Р.В. Окунев, Е.В. Смирнова, К.Г. Гиниятуллин, И.А. Сахабиев // Сб. докладов Четвертой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов», 2022. – С. 293-299.

R.V. Okunev, K.G. Giniyatullin, E.V. Smirnova

Kazan (Volga Region) Federal University, 18 Kremlyovskaya str, Kazan, 420008, Russian Federation, e-mail: tutinkaz@yandex.ru.

The influence of moisture content of soil material in the old plow horizon of fallow light gray and gray forest soils on the reflection spectra in the near IR range was studied. It was shown that the effect of moisture on reflection is most pronounced in the wavelength range of 2200–2320 nm, which can be used to indirectly estimate the moisture content in the soil material of old plow horizons. The indicator of the relationship between moisture content and reflection in this range is  $R^2=0.90-0.98$ . For an indirect assessment of the content of organic matter (OM), it is recommended to use reflectances in the wavelength range of 1714–2000 nm, which are little dependent on soil moisture. The correlation index ( $R^2$ ) between the reflectivity in this range and the content of organic matter is 0.85–0.96.

Keywords: soil organic matter, infrared spectrometry, influence of moisture, fallow soils.

УДК 631.81: 631.582:631.4

DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.14

## БАЛАНС NPK И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНОМ НАСЫЩЕНИИ СЕВООБОРОТА МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

А.М. Конова, к.с.-х.н., А.Ю. Гаврилова, к.б.н., Федеральный научный центр лубяных культур 214025, Россия, г. Смоленск, ул. Нахимова, д. 21

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема №FGSS-2019-0011)

В условиях Смоленской области комплексное применение возрастающих доз минеральных удобрений в севообороте (в течение 7 лет) существенно влияло на его продуктивность и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Установлена наиболее оптимальная по влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур доза минеральных удобрений –  $N_{74}P_{74}K_{85}$ . Её применение обеспечило высокую продуктивность 1 га севооборотной площади – 38,1 ц з. е., что на 86% превысило контроль, обеспечило бездефицитный баланс азота, фосфора и калия в почве. Длительное применение средств химизации в полевом севообороте повышало содержание подвижных форм фосфора и калия в почве в среднем по опыту на 63 и 25 мг/кг почвы соответственно. Минеральная система удобрения увеличивала подкисление почвы на 0,5 ед. В результате активной минерализации органического вещества содержание гумуса по средневзвешенным показателям снизилось с 2,0 до 1,9%.

Ключевые слова: полевой опыт, минеральные удобрения, севооборот, дерново-подзолистая почва, баланс, плодородие

Для цитирования: Конова А.М., Гаврилова А.Ю. Баланс NPK и плодородие почвы при различном насыщении севооборота минеральными удобрениями// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 57-60. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.14.

Опыты показывают, что возделывание сельскохозяйственных культур без удобрений при дефицитном балансе питательных веществ в почве приводит к постепенному истощению запасов органического вещества, общего азота, фосфора и калия [1, 2]. Существенное влияние на этот процесс оказывает состав культур севооборота. По мере насыщения севооборота высокоурожайными пропашными культурами дефицит питательных веществ, в первую очередь азота и калия, заметно возрастает [3-5].

Применение низких доз удобрений в севооборотах с посевом многолетних трав, наряду с повышением урожайности, создает небольшой положительный баланс азота и фосфора и отрицательный – калия. При внесении средних доз удобрений складывается в основном положительный баланс азота и фосфора, а калия по-прежнему остаётся дефицитным [6-8]. Однако, при увеличении доз удобрений наступает момент, когда урожайность культур больше не повышается, и, в связи с этим, резко возрастает поступление в почву не использованных растениями питательных веществ. Избыточный баланс может привести к созданию неоправданно высокой

обеспеченности почвы элементами питания, их потерям и загрязнению окружающей среды. Поэтому большое внимание уделяют установлению оптимальной интенсивности баланса питательных веществ в севообороте [9, 10].

Баланс питательных веществ – это эколого-агрономический показатель, отражающий круговорот питательных веществ в земледелии. Определение баланса питательных веществ позволяет, прежде всего, оценить влияние удобрений на плодородие почвы. Кроме того, показатели баланса служат основой качества контроля (сертификации) получаемой сельскохозяйственной продукции и загрязнения окружающей среды при положительных его величинах [11, 12].

**Цель исследований** – установить оптимальный баланс NPK в почве при различном насыщении севооборота минеральными удобрениями.

**Методика.** Полевой стационарный опыт заложен в 1967 г. в трех полях севооборота на участке обособленного подразделения Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК согласно Методике [13, 14]. Пахотный горизонт дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы