

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.4, 581.132(134)

### БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОЧВ ДАГЕСТАНА

А. Т. Маммаев, М. Ю. Алиева,  
М. Х.-М. Магомедова, Е. В. Пиняскина, А. В. Пиняскина

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

---

В настоящее время стало актуальным изучение физических аспектов существования почвы как элемента живой природы на всех ее уровнях и понимание особенностей органического вещества почв, закономерностей физических, физико-механических свойств почв. Размерность и упорядоченность частиц связаны с минеральным составом и обуславливают структуру и свойства поверхности почвы и тем самым влияют на вид и интенсивность процессов отражения и поглощения и на отношение величины отраженного потока излучения к падающему потоку энергии (альбедо). В статье приведены результаты исследований отражательной, фотолюминесцентной и лазерной индукции люминесценции некоторых почв Дагестана и почвенных компонентов.

It has become actual to study physical properties of soil as an element of alive nature on all its levels and to understand the soil organic matter, its physical and mechanical properties. The dimension and order of soil particles depend on mineral composition and determine the structure and properties of soil surface, and thus, affect the type and intensity of reflection and absorption, as well as the ratio of the reflected radiation flux to incident energy (albedo). The work gives the results of the study of reflective, photoluminescent and laser induction of the luminescence of some soils and soil components of Daghestan.

Ключевые слова: почвы; люминесценция; лазер; светоотражение; гуминовые вещества.

Keywords: soil; luminescence; laser; light reflectance; humic substances.

Изучение физических аспектов существования почвы как элемента живой природы на всех ее уровнях и понимание особенностей органического вещества почв, закономерностей физических, физико-механических свойств почв приобретает сегодня особую актуальность. В этой связи разработка объективных методов оценки почв приобретает не только теоретический, но и большой практический интерес.

Цвет является одним из главнейших морфологических признаков почв. Способность селективно отражать и поглощать электромагнитное излучение является ее важнейшим свойством. Окраска почв тесно связана с составом и свойствами их органического и неорганического вещества. Поэтому величины спектральных коэффициентов отражения (СКО) могут быть использованы для морфологической характеристики почв, при их диагностике, для оценки физико-химических свойств. Визуально определяется цвет почв как при описании почвенных разрезов в поле, так и в камеральных условиях. При визуальном установлении цвета почв изучаемый образец не сравнивается с каким-либо цветовым эталоном. Название цвета почвы исследователь указывает исходя из своих субъективных представлений о цвете и цветовых ощущениях. Однако традиционные методы полевых почвенных исследований уже вступили в противоречие с задачами и потребностями науки и практики.

Научная литература по отражательной способности почв относительно немногочисленна [1–6]. Исследований, посвященных оптическим параметрам почв Дагестана, – единицы [3, 7]. Изучение люминесцентных характеристик почв и почвенных компонентов в научной литературе также почти обойдены вниманием исследователей

---

[8–10], хотя известно, что люминесценция минералов является обязательным условием их характеристики. Известно, что по цвету и спектру люминесценции оцениваются генетические особенности геологических образований как важного диагностического признака, а в отношении почв подобная оценка не проводилась.

Нами проведены исследования люминесцентных характеристик некоторых почв Дагестана в сравнении с их оптическими параметрами и содержанием гумуса в целях внедрения нового физического показателя описания почв в информационные технологии.

### **Методы и объекты**

Спектральную отражательную способность и люминесценцию в полевых и лабораторных условиях определяли в видимой области спектра от 400 до 750 нм на лабораторной установке нашей конструкции с учетом методик других исследователей [7].

Образцы почв отбирались по общепринятой методике [4, 11–12]. Исследования проводились на почвах четырех разрезов: 1. Левашинский район, почвы: горно-луговые, черноземовидные; 2. Лакский район, почвы: горно-луговые, степные, тяжелосуглинистые; 3. Кочубейский район, почвы: светло-каштановые, карбонатно-солончаковые, легкосуглинистые, на аллювиальных отложениях; 4. Ногайский район, почвы: светло-каштановые, карбонатные, солончаковые, супесчаные на эоловых отложениях.

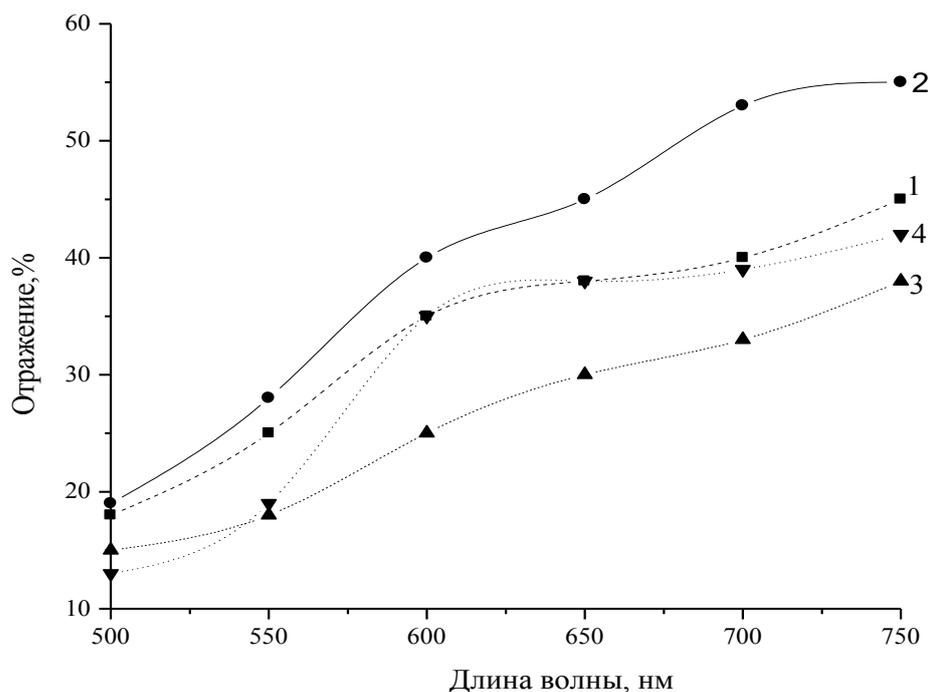
В научной литературе отмечается влияние на цвет почв их влажности и структуры. При измельчении почвы увеличивается интегральный коэффициент отражения, а увлажнение резко снижает их отражательную способность. Поэтому все исследования изучаемых образцов нами проводились на воздушно-сухих почвах, пропущенных через сито 0,25 мм. Указанная степень измельчения представляется оптимальной ввиду того, что чрезмерно интенсивное растирание (до размера 0,1 мм и меньше) приводит к изменению спектрального состава отраженных лучей [1].

### **Результаты и обсуждение**

Спектральные кривые диффузного отражения всех исследуемых почв имеют в целом сходный характер (рис. 1). Минимальные коэффициенты отражения приходятся на область 400–420 нм, затем они возрастают в области 500–550 нм, достигая максимума в красной области спектра 700–750 нм. Спектральные кривые перегнойно-аккумулятивных горизонтов имеют более сглаженный характер, без выраженных перегибов. Различия заключаются главным образом в величине интегрального отражения. Отражательная способность генетических горизонтов в профиле одного и того же почвенного типа и разных типов почв значительно различается, что выражается формой спектральных кривых и коэффициентами общего интегрального отражения и коэффициентом отражения при 700–750 нм.

Степень дифференциации отражательной способности по профилю того или иного типа почвы определяется влиянием процессов почвообразования его формирующих. Каждому типу почвы свойственно вполне определенное изменение по профилю физических свойств и компонентов вещественного состава (гумуса, полуторных окислов, карбонатов, солей и др.), т.е. тех факторов, которые и определяют ее спектральную отражательную особенность. Связь между нею и процессами почвообразования сложна и неоднозначна. Несмотря на это можно обнаружить особенности профильного изменения отражательной способности, характерные для разных типов почв. Коэф-

коэффициенты отражения гумусово-аккумулятивных горизонтов для всех типов почв имеют минимальные значения и колеблются в пределах от 15 до 25%. Общее интегральное отражение постепенно увеличивается с глубиной от верхнего горизонта к нижележащим. Величины интегрального отражения нижележащих горизонтов находятся в пределах 35–40%. Исследования показали высокую корреляционную зависимость спектральных характеристик почв от содержания гумуса [2, 3, 8]. На интегральную и спектральную отражательную способность почв Дагестана значительное влияние оказывает и степень засоления почв, которая носит сезонный характер.



**Рис. 1.** Спектральное отражение света некоторыми почвами Дагестана:

- 1 – светло-каштановая, карбонатная, легкосуглинистая на аллювиальных отложениях, подстилаемых морскими отложениями (Кочубей); 2 – светло-каштановая карбонатная солончаковая супесчаная на эоловых отложениях, подстилаемых морскими отложениями (Терекли-Мектеб); 3 – горно-луговые черноземневидные, суглинистые на аллювиально-делювиальных отложениях (Леваши); 4 – горно-луговые степные, тяжелосуглинистые (с. Хури, Лакский р-н)

С помощью спектральной отражающей способности почв можно определить не только ряд устойчивых признаков почв и возможности их использования, но и такой быстро меняющийся во времени показатель, как влажность почвы.

Исследования показали, что спектры люминесценции некоторых почв при возбуждении азотным лазером (рис. 2) представляют одновершинные (черноземовидные) и двухвершинные (солончак) кривые. Светло-каштановые почвы представлены также двухвершинной кривой с максимумами в области 480 и 550 нм при возбуждении азотным лазером и одновершинным максимумом 520 нм при возбуждении аргоновым лазером [8].

Большой практический интерес представляет использование в качестве источника фотовозбуждения люминесценции почв аргонового лазера. Лазерная индукция флуоресценции (аргоновый лазер,  $\lambda$ -480 нм) песчаной фракции светло-каштановой почвы представляет широкую полосу с максимальной длиной волны 520–530 нм [8].

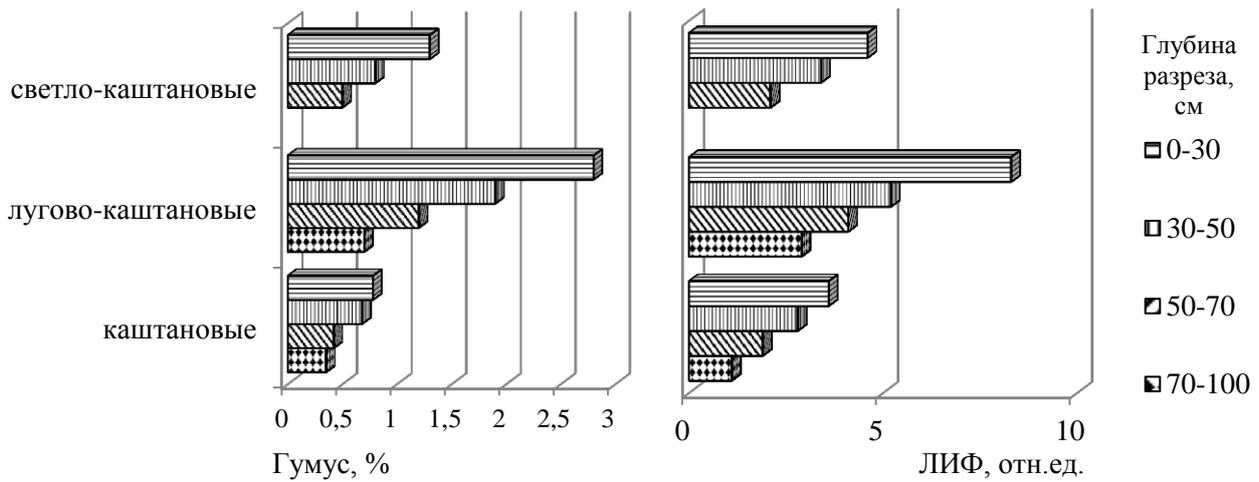


Рис. 2. Спектры флуоресценции отдельных типов почв

Другие исследованные нами образцы почв дали схожие по характеру кривые спектров люминесценции. Различия в показателях спектров люминесценции зависели от типов почв, количества гумуса и глубины отбора. Необходимо отметить выявленную достоверную зависимость интенсивности люминесценции от гумифицированности почвенных образцов (рис. 3).

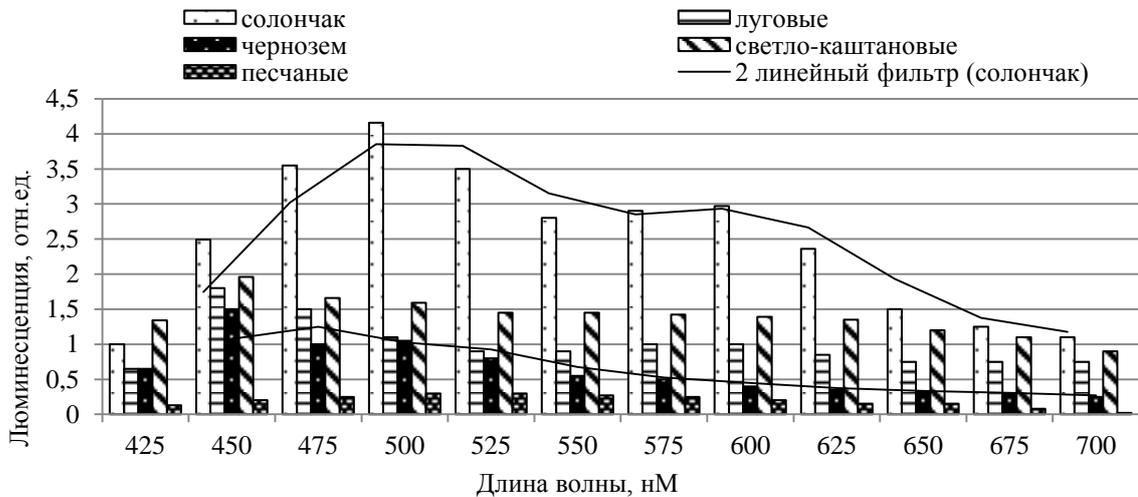


Рис. 3. Лазерная индукция флуоресценции различных типов почв Дагестана

Исследования показали, что люминесцентные методы изучения почв дают возможность количественной дифференциации органического углерода в почвах.

Чувствительность метода ЛИФ фотохимического зондирования можно сделать достаточно высокой. Это обстоятельство с точки зрения дифференциации органического углерода обуславливает преимущество данного метода перед другими, чувствительность которых постоянна и при малых различиях в содержании гуминовых кислот может оказаться недостаточной для выявления органики в почвах. Кроме того, люминесцентные методы исследования почв значительно менее трудоемки.

Наши исследования и данные других авторов показывают, что отражательную способность и люминесценцию почв и их отдельных генетических горизонтов можно

использовать для диагностики почв и почвенных процессов, а также как важнейший признак при картировании почв, в том числе на основе дистанционных измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Заварзина А.Г., Розанова М.С., Суханова Н.И.* Содержание гумуса и отражательная способность верхних горизонтов почв юга европейской части России // Почвоведение. 1995. № 10. С. 1248–1255.
2. *Караванова Е.И., Сорокина Н.П., Куделина Е.А.* Спектральная отражательная способность эродированных серых лесных почв Средне-Русской возвышенности // Там же. 1998. № 2. С. 186–192.
3. *Карманов И.И.* Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. М.: Колос, 1974. 351 с.
4. *Орлов Д.С., Суханова Н.И., Розанова М.С.* Спектральная отражательная способность почв и их компонентов. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 176.
5. *Пуртова Л.Н., Михайлова Н.А.* Сравнительная оптическая и энергетическая характеристика почв горных и равнинных территорий юга дальнего востока // Почвоведение. 2001. № 10. С. 1234–1239.
6. *Шахотин А.В.* Спектрометрические исследования почвенных профилей лесостепной и степной зон Украины // Там же. 1999. № 11. С. 1350–1358.
7. *Маммаев А.Т., Ибрагимов М.М., Вердиев М.С.* Оптические свойства некоторых почв Дагестана // Биофизические методы изучения растений, микроорганизмов и почв. Махачкала, 2007. С. 135–141.
8. *Маммаев А.Т.* Люминесцентные исследования почв Дагестана // Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия : материалы науч.-практ. конф. Махачкала, 2014. Вып. 63. С. 112–116.
9. *Флуоресцентные исследования системы почва-растение / А.Т. Маммаев, М.Ю. Алиева, М.Х.-М. Магомедова, Е.В. Пиняскина // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22, № 2. С. 48–55.*
10. *Soil organic matter humification under different tillage managements evaluated by Laser Induced Fluorescence (LIF) and C/N ratio / T. Martinsa, S.C. Saabb, D.M.B.P. Miloric, A.M. Brinattib, J.A. Rosa, F.A.M. Cassarob, L.F. Piresb // Soiland Tillage Research. 2011. Vol. 111, issue 2. P. 231–235.*
11. *Почвенные ресурсы Дагестана, их охрана и рациональное использование / Ас.М. Аджиев, А.М. Аджиев, М.А. Баламирзоев, М.Р. Мирзоев, А.Х. Магомедов, Г.Н. Гасанов, З.Г. Залибеков, Г.У. Гасанов. Махачкала, 1998. 328 с.*
12. *Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М.-Р., Шихрагимов А.К.* Оценка экологического состояния почвенного покрова Дагестана // Биофизические методы изучения растений, микроорганизмов и почв. С. 129–135.

Поступила в редакцию 14.11.2016 г.

Принята к печати 28.03.2017 г.