



УДК 631.452

## ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЗЕМЕЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ ЦЕЛЕЙ<sup>5</sup>

**О.А. Маринина, Э.А. Терехин**

*Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет, Россия, 308015,  
г. Белгород, ул. Победы 85*

*E-mail: marinina@bsu.edu.ru,  
terekhin@bsu.edu.ru*

Проанализировано распределение почвенных характеристик по профилю наиболее типичных почв Белгородской области. Показана целесообразность количественного учета профильного распределения ресурсов почвенного плодородия по типу вертикальной дифференциации для обеспечения более обоснованных результатов земельно-оценочных работ.

Ключевые слова: почвенное плодородие, профильное распределение, бонитировка почв, диагностические показатели.

### Введение

В земельно-оценочных работах из-за неравнозначности отдельных почвенных слоев в формировании урожая сельскохозяйственных культур возникает необходимость использования коэффициентов, учитывающих долю вклада плодородия горизонтов (слоев) почв в общую оценку их качества. Упрощенные подходы к решению этой задачи можно наблюдать в некоторых региональных методиках бонитировки почв. Во многих работах [1, 2 и др.] принцип расчета остается одинаковым для разных генетических типов почв. В методиках бонитировки почв, основанных на усреднении частных баллов отдельных слоев (производственных горизонтов), этим слоям формально (без экспериментального обоснования) придаются определенные весовые коэффициенты. При жестком определении нижних границ отдельных слоев – 20 (25), 50, 100 см не удается адекватно отразить форму эпюр распределения почвенных свойств. Как справедливо отмечает В.И. Щербинин [3], среднее значение бонитета в подобных расчетах получается завышенным для тех почв, у которых запасы элементов плодородия резко уменьшаются с глубиной, и пониженным для почв с постепенным снижением плодородия по профилю. Ранее [4, 5] было предложено проводить оценку качества почв методом кумулятивного усреднения, то есть путем последовательного включения плодородия нижележащих горизонтов в оценку почвенного профиля до значимо меняющихся величин.

В результате изучения ряда почв [7, 8] была показана возможность описания профильного распределения гумуса под целиной и лесом экспоненциальным односторонним распределением, а по профилю длительно используемых в земледелии почв – нормальным односторонним распределением. Другими исследованиями [9] для всех подтипов черноземов установлены регрессионные зависимости содержания гумуса от глубины почвы, по которым можно установить вероятное содержание гумуса до глубины 1 м. Следует заметить, что для четырех подтипов черноземов Молдовы [9] эти величины близки – 1.1–1.4% гумуса. Б.Г. Розанов [6] по характеру распределения вещественных компонентов почвы (гумуса, илестных частиц и т. п.) выделил 12 типов вертикальной дифференциации почвенного вещества. Однако, для математического описания этих закономерностей необходимы дальнейшие разработки. Настоящая статья посвящена исследованию профильного распределения свойств и элементов почв Белгородской области.

### Методика исследования и исходные данные

Исследования профильного распределения органического вещества черноземов, характеризующихся в целом равномерно-аккумулятивным типом, показывают [10], что каждый подтип имеет свойственный для него статистический градиент падения (коэффициент регрессии). Он возрастает от 0.064 в оподзоленных черноземах до 0.083 – в черноземах обыкновенных. Однако следует отметить, что, как правило, тип вертикального распределения гумуса закономерно изменяется с глубиной и относится к равномерно-аккумулятивному типу, а ряд почвенных характеристик, перспективных для использования в качестве диагностических показателей бонитировки почв [11], имеет более сложный, чем гумус, тип профильного распреде-

<sup>5</sup>Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2170.2014.5.



ления. Приведем пример нескольких типов распределения веществ в почвенном профиле темно-серой лесной почвы (рис. 1).

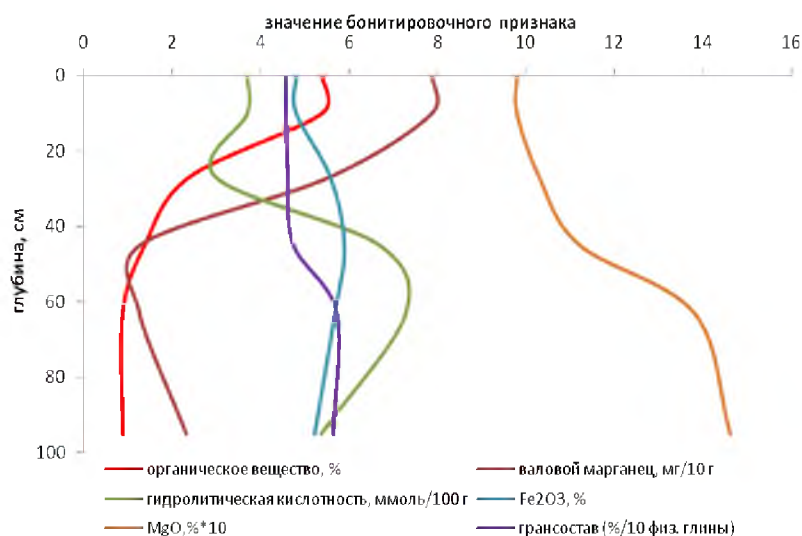


Рис. 1. Распределение веществ в профиле темно-серой лесной почвы (по данным [12])

Анализируя рисунок 1 можно отметить, что при отборе образцов с усредненных значений традиционно принятых в бонитировке границ (0–20, 20–50, 50–100 см), в случае с верхним горизонтом, отбор с глубины 10 см можно назвать оправданным. Отборы с глубин 35 и 75 см (среднее значение слоев 20–50 и 50–100 см соответственно) вносят существенные погрешности, значительно занижая значение признака в слое 20–50 см (в случае определения валового марганца), и, завышая значение признака (в случае определения оксида магния) в слое 50–100 см, или неадекватно отражая значения в двух нижних горизонтах (определение гидролитической кислотности).

С целью изучения особенностей распределения почвенных характеристик по профилю нами были проанализированы аналитические данные ранее проведенных исследований [12], которые опирались на результаты крупномасштабной почвенной съемки в Белгородской области, а в обосновании местоположения ключевых почвенных разрезов использовано почвенно-географическое районирование. Стоит отметить, что в данном случае решали преимущественно методические вопросы учета особенностей профильного распределения, поэтому вопрос обоснования "типичности" почвенных профилей не являлся принципиальным. Эпюры распределения почвенных характеристик построены по показателям, используемым в бонитировке почв, а также по перечню макро- и микроэлементов, необходимых для произрастания сельскохозяйственных культур [13].

### Результаты исследования

В результате по полученным эпюрам профильного распределения для каждого диагностического показателя был определен тип его вертикальной дифференциации в слое 0–100 см (табл. 1). Тип распределения определен по классификации Б.Г. Розанова [6] с некоторыми авторскими дополнениями.

По результатам попарного корреляционного анализа отдельных типов (подтипов) почв по типам профильного распределения их характеристик были определены (табл. 2) группы почв, имеющие хорошую и среднюю корреляционную связь с другими почвами, а также очень «самобытные» почвы, имеющие специфические индивидуальные особенности вертикального распределения – по слабой корреляционной связи с другими почвами.

Таким образом, черноземы выщелоченные, черноземы обыкновенные, черноземы типичные карбонатные, черноземно-луговые, лугово-черноземные, пойменно-луговые и дерново-намытые почвы можно отнести к общей группе почв, имеющих сходное профильное распределение по большинству почвенных характеристик (чаще простое: регрессивно-аккумулятивное, прогрессивно-элювиальное либо равномерное). Такие почвы, как серые лесные, темно-серые лесные, черноземы солонцеватые и, в особенности, черноземы остаточнокорбонатные, имеют индивидуальные, часто сложно направленные типы вертикального распределения бонитировочных признаков.

Таблица 1

**Типы распределения свойств и веществ в почвенном профиле (0–100 см) (составлено на основе анализа данных [12])**

Показатели	Ед. измерения	Наименование почв												
		ЧТ	Чв	СЛ	ЧТк	Чоп	Ч-Л	Л-Ч	П-Л	Дн	ЧО	ТСЛ	Чс	Чок
Гумус	%	1в	1а	1а	1а	1а	1а	1б	1а	1а	1в	1а	1б	1а
рН	ед.	5	3а	3а	4а	2а	2а	2а	5	4а	5	3а	2а	5
Содержание частиц <0,01 мм	%	1в	5	4а	5	5	2б	5	5	4б	5	4а	2в	2в
Объемная масса	г/см <sup>3</sup>	2в	2в	2в	2в	2в	2в	2в	2в	2в	2в	4а	2в	2б
Гидролитическая кислотность	ммоль/100 г	1в	1б	4б	1а	1б	1в	1а	1в	2а	1в	4б	1а	1в
Сумма поглощенных оснований	ммоль/100 г	1в	1в	5	1а	1б	1в	4б	4б	1в	1в	5	4а	1б
Основные макроэлементы														
N	%	1в	1а	1а	1б	1а	1в	1б	1а	5	1в	1а	4б	1б
P	%	5	1в	4б	1в	1в	5	1б	5	5	5	1в	1в	4а
Ca	%	5	5	3а	2в	4б	5	4б	5	5	2в	2в	4а	-
K	%	5	5	3а	4а	5	5	5	5	5	5	3а	4а	1в
Mg	%	2а	3а	4а	4б	4а	3а	3а	2а	2а	2а	4а	2а	-
Основные микроэлементы														
Mn	мг/кг	1в	1в	4б	4б	1в	1в	4б	1а	4а	1в	4б	4б	1б
Fe	%	2в	2в	5	4б	4а	5	2в	5	5	5	4а	4а	-
Cu	мг/кг	1б	3а	1б	4б	3а	3а	3б	1в	4а	3а	4б	4б	1а
Zn	мг/кг	5	5	5	5	1в	2а	4б	5	5	5	5	4б	1б
Полезные элементы для растений														
Al	%	1б	4б	4а	3а	4а	4а	3б	2а	5	4а	4а	3а	-
Si	%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1б	5	1в	-

Типы (подтипы) почв: ЧТ – чернозем типичный; ЧО – чернозем обыкновенный; Чв – чернозем выщелоченный; СЛ – серая лесная; ТСЛ – темно-серая лесная; ЧТк – чернозем типичный карбонатный; Чок – чернозем остаточно-карбонатный; Чоп – чернозем оподзоленный; Чс – чернозем солонцеватый; Ч-Л – черноземно-луговая; Л-Ч – лугово-черноземная; П-Л – пойменная луговая; Дн – дерновые намьтые.

Типы распределения (Розанов, 1983 с дополнениями): 1а – регрессивно-аккумулятивный; 1б – прогрессивно-аккумулятивный; 1в – равномерно-аккумулятивный; 2а – регрессивно-элювиальный; 2в – равномерно-элювиальный; 2б – прогрессивно-элювиальный; 2в – равномерно-элювиальный; 3а – равномерно-элювиально-аккумулятивный; 3б – сложно-аккумулятивный; 4а – элювиально-иллювиальный; 4б – аккумулятивно-элювиально-иллювиальный; 5 – недифференцированный. Прочерк – показатель не определялся.



Таблица 2

**Корреляционная взаимосвязь типов почв по распределению свойств и веществ  
в почвенном профиле**

ЧО	Чв	СЛ	ТСЛ	ЧТк	Чок	Чоп	Чс	Ч-Л	Л-Ч	П-Л	Дн	Типы (подтипы) почв
0.42	0.47	0.29	-0.05	0.27	0.28	0.24	-0.07	0.42	0.18	<b>0.75</b>	0.48	ЧТ
	0.49	0.21	0.02	0.42	0.38	0.32	0.18	<b>0.5</b>	0.13	<b>0.6</b>	<b>0.56</b>	ЧО
		0.31	0.45	<b>0.73</b>	-0.12	<b>0.82</b>	0.21	<b>0.66</b>	<b>0.74</b>	<b>0.6</b>	<b>0.55</b>	Чв
			<b>0.65</b>	0.31	-0.02	0.24	-0.08	0.33	0.39	0.54	0.18	СЛ
				<b>0.54</b>	-0.15	0.35	0.18	0.13	<b>0.62</b>	0.24	0.03	ТСЛ
					-0.09	<b>0.66</b>	0.3	0.46	<b>0.65</b>	0.34	<b>0.52</b>	ЧТк
						-0.22	-0.29	-0.05	-0.31	0.26	0.01	Чок
							0.1	<b>0.85</b>	<b>0.63</b>	0.44	0.44	Чоп
								0.05	<b>0.52</b>	0.05	0.45	Чс
									0.42	<b>0.61</b>	<b>0.63</b>	Ч-Л
										0.42	0.34	Л-Ч
											0.44	П-Л
												Дн

\*Теснота корреляционной связи [14]: **0.70–0.90** – высокая; **0.69–0.50** – средняя; 0.49–0.20 – слабая, достоверность оценки – 95%.

Так, если типы профильного распределения у некоторых химических элементов (*N, K, Ca, Al, Zn, Si*) сходны у различных почв, то такие свойства, как гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, гранулометрический состав (содержание частиц <0.01 мм), объемная масса и содержание элементов (P, Fe, Mg), имеют специфические индивидуальные особенности вертикального распределения, характеризующиеся слабой и очень слабой корреляционной связью с другими почвами.

В первом приближении особенности отдельных типов вертикального распределения почвенных свойств могут быть учтены через удельные валовые запасы (УВЗ), т. е. количество элемента плодородия, приходящихся на 1 см глубины, но не по произвольным горизонтам 0–20, 20–50, 50–100 см, а дифференцированно с учетом эпюры распределения свойств по формуле:

$$УВЗ = \frac{\sum_1^n (P_{1,2,\dots,n} \times h_{1,2,\dots,n})}{\sum_1^n h_{1,2,\dots,n}}, \quad (1)$$

где  $P_{1,2,\dots,n}$  – валовый запас элемента плодородия в слоях 1, 2, ..., n, т/га, определяемый по формуле:

$$P_{1,2,\dots,n} = S \times \gamma \times \eta_n, \quad (2)$$

где  $S$  – содержание элемента плодородия, % (при единице измерения мг/100 г вводится множитель 1000),  $\gamma$  – объемная масса, г/см<sup>3</sup>.

Формулой (1) предполагается, что послойное определение показателя количественной характеристики производственной ценности почвы можно провести на основе эпюр распределения в пределах почвенного профиля свойств, выбранных в качестве диагностических показателей бонитировки почв.

### Выводы

Земельно-оценочные работы должны распространяться на почву как на трехмерное образование, т.е. учитывать профильное распределение ресурсов почвенного плодородия. И для природных, особенно, антропогенно преобразованных почв, традиционно принятый в бонитировке почв способ расчета баллов по производственным горизонтам (чаще 0-20, 20-50, 50-100



см), либо учет усредненных значений почвенных свойств по всему профилю, - это решения, требующие совершенствования. На территориях, обладающих большим почвенным разнообразием, целесообразно в методике оценки учитывать профильное распределение ресурсов почвенного плодородия по типу вертикальной дифференциации. Для объективной бонитировки почв предложено перейти от усреднения частных баллов отдельных производственных горизонтов к учету эпюр распределения диагностических признаков, в особенности для почв, которые имеют сложно-аккумулятивный, элювиально-иллювиальный и аккумулятивно-элювиально-иллювиальный типы (серые и темно-серые лесные почвы, а также черноземы солонцеватые, обыкновенные и остаточнок-карбонатные).

### Список литературы

1. Родомакин А.Ф., Федорин Ю.Б. Качественная оценка земель. – Алма-Ата: Кайнар, 1970. – 40 с.
2. Куприченко М.Т. Бонитировка почв и качественная оценка земель сельскохозяйственного использования // Тр. Ставропольского НИИ сельского хозяйства. – 1979. – Вып. 42. – С. 47–50.
3. Щербинин В.И. Распределение элементов плодородия почв по профилю в связи с их бонитировкой // Специфика почвообразования в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 225–234.
4. Лисецкий Ф.Н. Профильное распределение плодородия в почвах Степи Украины и его изменение под влиянием эрозионных процессов // Почвоведение. – 1988. – №4. – С. 68–76.
5. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. – Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2000. – 302 с.
6. Розанов, Б.Г. Генетическая морфология почв. М.: Издательство Московского университета, 1975. – 293 с.
7. Математическая модель профильного распределения гумуса в почве / Т.Б. Махлин, З.И. Поляк, И.И. Шилихина, М.М. Энтензон // Почвоведение. – 1981. – №6. – С. 27–37.
8. Васильевская В.Д., Погожева Е.А., Григорьев В.Я. Взаимосвязи характеристик почвенно-растительного покрова тундр как основа показателей его устойчивости, деградации и восстановления // Почвоведение. – 2006. – №3. – С. 352–362.
9. Почвы Молдавии / Под ред. А.Ф. Уреу, И.А. Крупенникова. – Кишинев: Штиинца, 1984. – Т. 1. – 184 с.
10. Щеглов Д.И. Гумусовый профиль черноземов: морфогенетический анализ // Вестник ВГУ. Сер. «Химия, биология». – 2001. – №1. – С. 111–115.
11. Экологические следствия агрогенной и эрозионной трансформации почв лесостепной зоны / Ф.Н. Лисецкий, М.Е. Родионова, О.А. Маринина, А.П. Семенюк // Проблемы региональной экологии. – 2011. – №2. – С. 11–19.
12. Красная книга почв Белгородской области / В.Д. Соловиченко, С.В. Лукин, Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голушов. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 139 с.
13. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений – СПб: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2011. – 368 с.
14. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

## PROFILE DISTRIBUTION OF SOIL PROPERTIES AND ITS IMPLICATIONS FOR LAND VALUATION

**O.A. Marinina, E.A. Terekhin**

*Belgorod State National Research University, 85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: marinina@bsu.edu.ru, terekhin@bsu.edu.ru*

The distribution of soil characteristics on the profile of the most common soils of the Belgorod region was analyzed. The expediency of quantifying resource allocation profile of soil fertility by type of vertical differentiation to provide more valid results of land evaluation was shown.

Key words: soil fertility, profile distribution, soil quality, diagnostic indicators.