

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.43:552.524(282.247.2-192.2)

В. В. Деныс

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И СВОЙСТВА СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТОВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ГРЯДОВОГО ПОБУЖЬЯ

Главным условием подхода к изучению подсистем, как и географических почвенных систем, является соблюдение принципов системности на всех уровнях организации исследований.

Рассматривая системную организацию почвы, необходимо четко представить себе тот критерий, который позволяет выделить систему иерархически соподчиненных уровней структурной организации почвы. При определении уровней структурной организации почвы как самостоятельного природного тела следует учитывать не любые взаимодействия различных уровней, а только специфические для данной системы, т. е. обусловленные особыми почвообразовательными процессами. Эти специфические для почвы типы взаимодействий, процессы, функции, осуществляемые различными ее элементами, должны служить критерием выделения различных уровней организации почвы как системы. Таким образом, качественное изменение протекающих в почве процессов, выполняемых ею функций, характера взаимодействий между ее элементами служат критерием выделения каждого следующего структурного уровня системной организации почвы [1].

В почвоведении известен и широко используется принцип изучения почвы как иерархического природного тела. Согласно этому принципу начальным является ионно-молекулярный уровень, за ним следует более высокий уровень элементарных почвенных частиц (ЭПЧ), затем более высокий и сложный уровень почвенных агрегатов. Так, повышая сложность и иерархический уровень от агрегата через горизонтный, профильный, почвенно-покровный, региональный, континентальный, мы приходим уже к высшему и сложному глобальному уровню изучения почв. Этот принцип, названный А. Д. Ворониным [2], принципом иерархичности исследования почвы, имеет очень важное значение: если мы работаем на определенном (i -м) уровне, то выводы в своей работе мы должны делать только для данного уровня. Для того чтобы перейти на следующий, более высокий ($i + 1$ -й) уровень, нужны новые знания. На более высоком уровне действуют все законы низших масштабных уровней, но появляются

Деныс Виталий Витальевич — аспирант, Львовский национальный университет им. Ивана Франко; e-mail: denussan@gmail.com

© В. В. Деныс, 2013

и дополнительные, которые могут стать доминантными для функционирования на этом уровне. Все развитие почвоведения как самостоятельной науки, ее современные и будущие научные разработки связаны со следующей проблемой: «Возможны и существуют ли физические обоснованные законы перехода от одного уровня к другому?» (цит. по: [2]). Иначе говоря, зная свойства элементарных почвенных частиц и используя какой-то закон, можно перейти от уровня ЭПЧ к количественному описанию агрегатов. Или, зная свойства агрегатов и закон перехода от уровня агрегатов до уровня горизонтного, описать уже свойства почвенного горизонта. И, конечно, «сложный вопрос почвоведения, — как по исследованиям профиля перейти к характеристике почвенного покрова, — есть ли в этом переходе закономерность и как ее использовать?» (цит. по: [3]).

Уровень от ЭПЧ к агрегату. Казалось бы можно представить, как шаровидные ЭПЧ, соединяясь вместе, формируют сначала микроагрегаты, затем эти микроагрегаты формируют агрегаты 1-го порядка, а они, в свою очередь, уже формируют агрегаты 2-го, 3-го и более высоких порядков. Подобные представления были использованы Н. А. Качинским [4], С. В. Нерпиным и А. Ф. Чудновским [5] для выделения микроагрегатного уровня, для анализа пористости и формирования пор разного размера. Такие пространственные закономерности сейчас только начинают разрабатываться. К примеру, Е. Ю. Милановским, Е. В. Шеиным [6] предложена пространственная модель водонепроницаемого агрегата с наличием в нем строго пространственно распределенных гидрофильных и гидрофобных компонентов гумуса. Было также предложено фрактальное выражение для описания гелевых структур, которые формируют межчастичные связи, объясняющие особенности поведения системы «твердая фаза — почвенный раствор — почвенный воздух», при формировании почвенных структурных отдельностей (цит. по: [7]).

При переходе к другим, более высоким уровням: от агрегата к горизонту, от горизонта к профилю, в физике почв продолжает существовать гипотеза, что в структурной почве отдельные агрегаты составляют почвенный горизонт, формируя его плотность. Эта простая гипотеза однозначно дает возможность оценить передвижение воды, т. е. последовательное насыщение слоев агрегатов и протекание воды в основном по межагрегатному пространству. Однако практика показывает, что эта гипотеза в природных почвах не работает. Данные А. Б. Умарова и соавторов [8] указывают на наличие преимущественных потоков, основных водных транспортных путей в почвенных горизонтах и профилях [3].

Е. В. Шеин [3] пришел к выводам, что главный фактор, который труднопреодолим при попытках распространения закономерностей перехода с одного уровня на другой, более высокий, это особенности пространственного распределения свойств почвенного вещества, которые определяют характерные свойства функционирования почвы на соответствующем уровне исследования.

В настоящее время существует модернизированная система организации почв И. В. Иванова, которая состоит из надуровней и уровней [9].

Надуровень микромира является общим для всей природы. Единство надуровня, как известно из физики, обеспечивается действием электромагнитных сил. *Надуровень почвенной массы* отражает тонкое внутреннее строение вещества почвы, его элементов, их качественный состав и взаимное расположение. *Надуровень почвенных тел* отражает расслоение почвенной массы по вертикали на слои — горизонты, —

совокупность которых образует индивидуумы — тела с естественными границами. *Надуровень почвенного покрова* — совокупность множества трехмерных почвенных тел, которые, покрывая большую часть поверхности суши, образуют почвенный покров, или почвенное геопространство. Его исследование — задача географии почв. Организация почвенного покрова полииерархична. В последние десятилетия большой вклад в ее изучение был сделан В. М. Фридландом (1972, 1984), который разработал учение о структуре почвенного покрова (см. [9]). В настоящее время выделяются три уровня организации почвенного покрова: топологический (почвенных комбинаций), зонально-региональный, педосферный. На структурно-организационных уровнях также построено изучение памяти почв. Носители почвенной памяти очень разнообразны и далеко не полностью исследованы и поняты на различных уровнях организации педосферы Земли. В широком смысле любые педогенные трансформации состава и/или организации твердого вещества материнской породы и любые твердофазные грунтовые новообразования являются носителями почвенной памяти и записывают в посредственном виде процессы и среду своего формирования. Твердофазные носители могут осознаваться и разделяться по различным критериям, а также делиться по составу на минеральные, органические и органо-минеральные, по генезису на биогенные и абиогенные, природные и антропо-техногенные и т. д. Можно выделить и систематизировать морфологические, геохимические, минералогические, гранулометрические и структурно-организационные носители почвенной памяти [10].

Огромным по информационной емкости является следующий уровень организации — педонной (агрегатной) структурной памяти почв, или грунтовой архитектуры [10]. Это один из наиболее сложных и разнообразных уровней, включающих множество подуровней педонной организации в случаях структурных почв и горизонтов, различий внутри педонной массы и на поверхностях педов, покрытых или непокрытых кутанами. Именно на этом уровне организации ярко проявляется феномен резких различий в почвенной записи на поверхностях раздела и во внутренних частях любых отдельностей твердофазной массы почв, что впервые четко описано Ф. И. Козловским и С. В. Горячкиным [11]. Впрочем, этот феномен, согласно авторам, проявляется на всех уровнях организации грунтовых тел и покровов (минералы, агрегаты, горизонты в профиле, собственно педон, границы между ними в почвенном покрове и т. д.).

Запись на поверхностях раздела (поверхностях педов) более лабильная, более чувствительная, формируется быстрее, но и легче стирается, чем во внутripедной массе. Последняя более инертна по отношению к действующим факторам и процессам; внутripедная масса записывает информацию значительно медленнее, чем поверхность раздела, но зато и удерживает такую запись намного дольше в процессах эволюции почв [10].

На этом уровне обычно исследуются очень информативные носители почвенной памяти — кутаны, — покрывающие поверхности первичных, вторичных и т. д. педов и соответственно трещинных микро- и макропор, до стенок широких и глубоких магистральных межгоризонтных трещин [12].

Следующий иерархический уровень почвенной памяти и записи — уровень почвенных горизонтов, образуется в тех случаях, когда горизонты достаточно однородны [12].

Следующим уровнем иерархии почвенной памяти является память почвенного профиля или педона в целом. Представление о памяти индивидуального почвенного тела является наиболее традиционным для Докучаевского генетического почвоведения, и по сути именно на нем основана формула «почва — зеркало ландшафта» (цит. по: [10]).

Исследование функциональных особенностей серых и светло-серых лесных почв Грядового Побужья было проведено на уровне структурных агрегатов. В процессе исследования почв было заложено три модальных участка на Кульковской, Смерековской и Малеховской грядках. Опорные разрезы заложены в лесу и на пашне.

Анализ выполненных исследований позволил выявить определенную закономерность в профильной смене структуры серых лесных почв. Под лесом, где почвы подвергаются значительно меньшему антропогенному воздействию, в верхнем гумусово-иллювиальном горизонте преобладает зернистая структура, которая является благоприятной и имеет лучшие показатели водостойкости, о чем свидетельствуют данные структурно-агрегатного анализа.

В почвах пашни в результате интенсивного сельскохозяйственного использования в верхнем пахотном горизонте преобладают комковато-глыбистая и мелкокомковато-глыбистая структуры. Образование комков и глыб является следствием действия на почвы тяжелой сельскохозяйственной техники, что разрушает благоприятную зернистую структуру, образуя комки и глыбы. Иллювиальный горизонт серых лесных почв имеет комковато-ореховатую и ореховато-призматическую структуру.

В светло-серых и серых лесных почвах под лесом изменение структуры по профилю является ярко выраженным и характерным для этого типа почв. Прослежено закономерное изменение структуры от зернистой в верхних слоях до ореховатой и ореховато-призматической в иллювиальном горизонте. В почвах под пашней в результате антропогенной нагрузки происходит изменение структуры по профилю от комковато-глыбистой в пахотных горизонтах до комковато-ореховатой в иллювиальном.

С учетом вышесказанного, было проведено исследование плотности и скважности агрегатов разных размеров с верхних гумусовых, пахотных и подпахотных горизонтов светло-серых и серых лесных почв Грядового Побужья в образцах агрегатов (фракции > 10, 10–7, 7–5, 5–3, 3–2, 2–1 мм). Методом парафинирования определялась плотность их строения и рассчитывалась общая скважность агрегатов.

Анализ лабораторных исследований показал, что плотность строения агрегатов исследуемых почв меняется в зависимости от их размеров и характера сельскохозяйственного использования. С уменьшением размера агрегатов плотность строения увеличивается. Так, например, плотность строения агрегатов размером 2–1 мм на 0,12–0,18 г/см³ больше, чем в агрегатах размером > 10 мм, что обусловлено в первую очередь отсутствием межагрегатной скважности в самих агрегатах. Плотность строения агрегатов прямо пропорциональна плотности строения почвы. Плотность строения агрегатов почв под пашней больше, чем в почвах под лесом. В табл. 1 приведены результаты анализов плотности сложения агрегатов.

Анализ пористости агрегатов исследуемых почв показал, что сельскохозяйственное использование существенно не изменяет пористость самих агрегатов, но влияет на межагрегатную пористость. В наших исследованиях не было выявлено значительного различия в пористости агрегатов почв, отобранных в различных биоценозах, так как не выявлено достоверных различий в величинах пористости таковых различно-

Таблица 1. Плотность сложения почв Грядового Побужья (г/см³)

№ разреза: почва (угодья)	Глубина, см	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Плотность сложения почвы, г/см ³	Размер фракций агрегатов, мм					
				>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1
Разрез 1: светло-серая лесная (лес)	2–10	2,59	1,18	1,61	1,73	1,72	1,75	1,78	1,79
	10–20	2,60	1,18	1,66	1,74	1,75	1,74	1,70	1,83
	20–30	2,63	1,34	1,65	1,76	1,76	1,79	1,74	1,82
	32–42	2,64	1,43	1,68	1,77	1,79	1,78	1,8	1,84
Разрез 2: светло-серая лесная (пашня)	0–10	2,62	1,53	1,63	1,71	1,75	1,76	1,80	1,79
	10–20	2,61	1,54	1,65	1,73	1,77	1,77	1,81	1,80
	20–33	2,64	1,53	1,65	1,72	1,78	1,80	1,79	1,82
	33–43	2,66	1,65	1,71	1,74	1,78	1,82	1,85	1,83
Разрез 3: серая лесная (пашня)	0–10	2,62	1,61	1,71	1,74	1,76	1,77	1,80	1,80
	10–20	2,60	1,57	1,73	1,75	1,78	1,78	1,83	1,78
	20–30	2,63	1,58	1,70	1,73	1,81	1,80	1,85	1,86
	31–36	2,63	1,54	1,75	1,75	1,80	1,79	1,86	1,88
Разрез 4: серая лесная (лес)	2–10	2,61	1,32	1,66	1,70	1,74	1,73	1,74	1,76
	10–23	2,60	1,34	1,70	1,72	1,76	1,78	1,77	1,78
	23–30	2,61	1,43	1,71	1,73	1,77	1,78	1,80	1,83
	30–39	2,65	1,58	1,74	1,73	1,76	1,79	1,78	1,84
Разрез 5: светло-серая лесная (пашня)	0–10	2,69	1,45	1,65	1,72	1,75	1,76	1,75	1,77
	10–20	2,65	1,54	1,66	1,74	1,76	1,75	1,80	1,79
	20–30	2,70	1,45	1,64	1,73	1,78	1,77	1,80	1,78
	31–41	2,70	1,54	1,70	1,73	1,77	1,78	1,80	1,80
Разрез 6: светло-серая лесная (лес)	2–10	2,67	1,18	1,63	1,71	1,75	1,73	1,76	1,79
	10–20	2,67	1,23	1,64	1,73	1,77	1,75	1,77	1,81
	20–34	2,66	1,33	1,67	1,72	1,76	1,76	1,80	1,79
	37–47	2,68	1,46	1,73	1,76	1,79	1,84	1,82	1,85

го сельскохозяйственного использования. Из табл. 2 видно, что пористость агрегатов размером 1–2 мм на 5–10% меньше, чем агрегатов > 10 мм. Это объясняется наличием межагрегатной пористости в последних, тогда как в агрегатах 1–2 мм проявляется только внутриагрегатная пористость.

При исследовании содержания гумуса в агрегатах было установлено, что его содержание в почвах под лесным биоценозом выше, а на пашне — ниже. В процессе хозяйственной деятельности происходит процесс дегумификации, и он является более выраженным в верхней части профиля. С глубиной разница в содержании гумуса между почвами леса и пашни нивелируется. В почвах под лесом процесс уменьшения содержания гумуса с глубиной является более резким, чем на пашне. В ходе сельскохо-

Таблица 2. Пористость агрегатов Грядового Побужья, %

№ разреза: почва (угодья)	Глубина, см	Общая пористость почв	Размер фракций агрегатов, мм					
			>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1
Разрез 1: светло-серая лесная (лес)	2–10	54,44	37,84	33,20	33,59	32,43	31,27	30,89
	10–20	54,62	36,15	33,08	32,69	33,08	34,62	29,62
	20–30	49,05	37,26	33,08	33,08	31,94	33,84	30,80
	32–42	46,78	36,36	32,95	32,20	32,58	31,82	30,30
Разрез 2: светло-серая лесная (пашня)	0–10	41,60	37,79	34,73	33,21	32,82	31,30	31,68
	10–20	41,00	36,78	33,72	32,18	32,18	30,65	31,03
	20–33	42,05	37,50	34,85	32,58	31,82	32,20	31,06
	33–43	39,55	35,71	34,59	33,08	31,58	30,45	31,20
Разрез 3: серая лесная (пашня)	0–10	38,55	34,73	33,59	32,82	32,44	31,30	31,30
	10–20	39,62	33,46	32,69	31,54	31,54	29,62	31,54
	20–30	39,92	35,36	34,22	31,18	31,56	29,66	29,28
	31–36	41,44	33,46	33,46	31,56	31,94	29,28	28,52
Разрез 4: серая лесная (лес)	2–10	49,43	36,40	34,87	33,33	33,72	33,33	32,57
	10–20	48,46	34,62	33,85	32,31	31,54	31,92	31,54
	23–30	45,21	34,48	33,72	32,18	31,80	31,03	29,89
	30–39	40,38	34,34	34,72	33,58	32,45	32,83	30,57
Разрез 5: светло-серая лесная (пашня)	0–10	46,10	38,66	36,06	34,94	34,57	34,94	34,20
	10–20	41,67	37,36	34,34	33,58	33,96	32,08	32,45
	20–30	46,30	39,26	35,93	34,07	34,44	33,33	34,07
	31–41	42,96	37,04	35,93	34,44	34,07	33,33	33,33
Разрез 6: светло-серая лесная (лес)	2–10	46,10	38,95	35,96	34,46	35,21	34,08	32,96
	10–20	41,67	38,58	35,21	33,71	34,46	33,71	32,21
	20–34	46,30	37,22	35,34	33,83	33,83	32,33	32,71
	37–47	43,15	35,45	34,33	33,21	31,34	32,09	30,97

зайственного использования происходит перемешивание верхних горизонтов серых лесных почв пашни, в результате чего они становятся гомогенными с почти одинаковым содержанием гумуса (табл. 3).

Проведенные исследования показали, что в серых лесных почвах Грядового Побужья обнаружена закономерность в содержании гумуса в зависимости от размера агрегатов. С уменьшением размера агрегатов содержание гумуса в них увеличивается в среднем на 0,5%, так как они полностью насыщены гумусом вследствие увеличения удельной поверхности агрегатов, гумосонакопления и аккумуляции, тогда как в агрегатах большего размера активна только поверхностная часть, что проявляется визуально в виде натеков на поверхности агрегатов с более высоким содержанием гумуса, а внутренняя часть агрегатов более инертна и менее гумусирована.

Итак, анализ системной организации почв показал, что наиболее информативным является структурный, или педонный, уровень организации. Изучение структурно-функциональных свойств серых лесных почв Грядового Побужья Западного региона Украины показало существенное влияние антропогенного фактора на их физические

Таблица 3. Содержание гумуса во фракциях агрегатов серых лесных почв Грядового Побужья

№ разреза: почва (угодья)	Глубина отбора образцов, см	Содержание гумуса, %	Размер агрегатов, мм / содержания гумуса, %						
			>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5
Разрез 1: светло-серая лесная (лес)	2-10	2,46	2,13	2,09	2,24	2,11	2,18	2,46	2,50
	10-20	2,54	2,14	2,20	2,26	2,31	2,28	2,52	2,49
	20-29	1,21	1,08	0,91	0,99	1,05	1,17	1,18	1,26
	32-42	0,98	0,76	0,88	0,81	0,99	1,09	1,11	1,10
	47-57	0,72	0,66	0,69	0,69	0,69	0,71	0,80	0,80
Разрез 2: светло-серая лесная (пашня)	0-10	1,90	1,61	1,51	1,72	1,96	1,90	2,12	2,27
	10-20	1,76	1,23	1,36	1,44	1,51	1,91	1,87	1,94
	20-33	1,64	1,26	1,32	1,33	1,47	1,58	1,66	1,71
	33-40	0,95	1,08	1,00	1,08	1,21	1,20	1,29	1,25
	40-50	0,95	0,95	1,00	1,00	0,99	1,08	1,17	1,22
	50-60	0,54	0,43	0,40	0,56	0,60	0,59	0,57	0,67
Разрез 3: серая лесная (пашня)	0-10	1,29	1,21	1,19	1,27	1,42	1,38	1,40	1,40
	10-20	1,16	1,01	1,09	1,13	1,14	1,10	1,18	1,23
	20-30	0,99	0,88	0,96	0,90	0,89	1,00	1,08	1,14
	31-36	0,56	0,50	0,52	0,56	0,60	0,57	0,66	0,71
	37-47	0,43	0,52	0,40	0,48	0,56	0,60	0,62	0,60
Разрез 4: серая лесная (лес)	2-10	1,56	1,53	1,52	1,58	1,61	1,66	1,81	2,18
	10-23	1,21	1,11	1,13	1,15	1,19	1,20	1,31	1,40
	23-30	0,95	0,75	0,80	0,88	0,89	0,93	0,96	1,06
	30-39	0,91	0,73	0,78	0,80	0,79	0,90	0,98	1,01
	44-54	0,52	0,36	0,40	0,46	0,50	0,53	0,60	0,72
Разрез 5: светло-серая лесная (пашня)	0-10	1,25	1,11	1,20	1,22	1,30	1,29	1,40	1,42
	10-20	1,08	0,99	1,08	1,09	1,12	1,19	1,20	1,29
	20-30	1,03	0,95	1,00	0,99	0,97	1,17	1,16	1,20
	31-41	0,43	0,39	0,40	0,40	0,42	0,47	0,50	0,63
	45-55	0,34	0,30	0,33	0,39	0,43	0,43	0,47	0,47
Разрез 6: светло-серая лесная (лес)	2-10	1,72	1,61	1,69	1,70	1,77	1,87	1,99	2,12
	10-20	1,21	1,12	1,18	1,20	1,27	1,38	1,41	1,53
	20-34	0,95	0,87	0,90	0,93	1,00	1,09	1,13	1,23
	37-47	0,62	0,48	0,56	0,58	0,62	0,86	0,90	0,99
	52-62	0,55	0,40	0,55	0,54	0,60	0,61	0,70	0,71

свойства. Установлено что с уменьшением размеров агрегатов пахотных серых лесных почв изменяются физические свойства, а именно увеличивается плотность строения и уменьшается общая пористость и пористость аэрации.

Литература

1. Корсунов В. М., Красеха Е. Н., Ральдин Б. Б. Методология почвенных эколого-географических исследований и картографии почв. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2002. 234 с.

2. *Воронин А. Д.* Основы физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 244 с.
3. *Шейн Е. В.* Иерархические уровни почв: есть ли физическое обоснование перехода от одного к другому уровню исследований? // Труды II Национальной конференции с международным участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. С. 110–114.
4. *Качинский Н. А.* Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. Ч. 1. 322 с.
5. *Нертин С. В., Чудновский А. Ф.* Физика почв. М.: Наука, 1967. 584 с.
6. *Малиновский Е. Ю., Шейн Е. В.* Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.
7. Явление образования периодических коллоидных структур в почвах. Диплом на открытие МААНОИ-РАЕН-МААНО № 286. 2005. / Федотов Г. Н., Третьяков Ю. Д., Добровольский Г. В., Поздняков А. И., Шейн Е. В., Неклюдов А. Д., Жуков Д. В., Пахомов Е. И. // Научные открытия (сборник научных открытий, научных идей, научных гипотез — 2005 г.). М., 2006. С. 34–37.
8. *Умарова А. М., Шейн Е. В., Архангельская Т. А.* Особенности формирования элементов водного режима дерново-подзолистых почв в годовой, сезонной и суточной динамике // Вестн. МГУ. Сер. 17: Почвоведение. 2002. С. 36–42.
9. *Иванов И. В.* Организация почвенных систем // Почвоведение: история; социология; методология / отв. ред В. Н. Кудеяров, И. В. Иванов. М.: Наука, 2005. 422 с.
10. *Wilding L. P., Lin H. S.* Advancing the frontiers of soil sciences towards a geoscience // Geoderma. 2006. Vol. 131. С. 257–274.
11. *Козловский Ф. И., Горячкин С. В.* Почва как зеркало ландшафта и концепция информационной структуры почвенного покрова // Почвоведение. 1996. № 3. С. 288–297.
12. *Таргульян В. О.* Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 692 с.

Статья поступила в редакцию 13 июня 2013 г.