

Библиографический список

1. Грибов С.И. Почвенная картография / С.И. Грибов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 90 с.
2. Винокуров Ю.И. Ландшафтные индикаторы инженерных и гидрогеологических условий Предалтайских равнин / Ю.И. Винокуров. – Новосибирск: Наука, 1980. – 196 с.
3. Плынов В.В. Географические работы / В.В. Плынов. – М., 1952. – 399 с.
4. Докучаев В.В. О закономерности известного географического распределения наземно-растительных почв территории Европейской России / В.В. Докучаев. – Соч. – 1950. – Т. 2. – С. 29-75.
5. Сибирцев Н.М. Почвоведение / Н.М. Сибирцев. – Изб. соч. – 1950. – Т. 1. – С. 404-431.
6. Филатов М.М. Очерк почв Московской губернии / М.М. Филатов. – М., 1923. – С. 2.
7. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М.: Мысль, 1972. – 423 с.
8. Аринушкина Е.А. Руководство по химическому анализу почв / Е.А. Аринушкина. – М. Изд-во МГУ, 1961. – 487 с.
9. Пузаченко Ю.Г. Закономерности пространственного варьирования свойств почв, информационно-статистические методы их изучения / Ю.Г. Пузаченко, Л.О. Карпачевский, Н.А. Взнуздаев. – М.: Наука, 1970. – С. 103.
10. Бурлакова Л.М. Применение информационно-логического анализа в бонитировке почв / Л.М. Бурлакова // Тез. докл. V Делегатского съезда ВОП. – Минск, 1977. – Вып. 5. – С. 235-237.



УДК 631.41

**Н.Л. Кураченко,
С.В. Хижняк**

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ
СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМОВ
И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ
В ПРЕДЕЛЬНО ОДНОРОДНЫХ УСЛОВИЯХ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

***Ключевые слова:** черноземы выщелоченные, серые лесные почвы, структурная организация, пространственная неоднородность, статистические параметры.*

Введение

Дифференциация почвенного покрова и развитие неоднородностей обусловлено многообразием проявлений факторов почвообразования в пространстве. В условиях антропогенного воздействия на изменчивость свойств почв оказывают влияние смена способов и видов отдельных контуров угодий в течение исторического времени, обработка почвы, способы пахоты, удобрения и др. Исследования вариабельности свойств почв являются актуальным вопросом при решении современных научно-прикладных проблем. Они касаются оценки и прогнозирования изменений почв в результате антропогенного

воздействия, определения возможности воздействия на ход почвообразования и оптимизации системы наблюдений при почвенно-экологическом мониторинге.

Исследования пространственной изменчивости почв Красноярской лесостепи, где основой пахотного фонда являются черноземы (160,8 тыс. га, или 69,4%) и серые лесные почвы (44,8 тыс. га, или 19,3%) касаются только агрохимических показателей. В отношении физических свойств этот вопрос не изучен. Учитывая тот факт, что варьирование почвенных свойств может проявляться даже на очень близких расстояниях, нами поставлена цель – определить величину изменчивости и установить характер пространственного распределения структурно-агрегатного состава в пахотных черноземах выщелоченных и серых лесных почвах в предельно однородных условиях почвообразования.

Объекты и методы

Объектами исследования явились черноземы выщелоченные легкоглинистые (0-20 см) и серые лесные почвы тяжело-суглинистого гранулометрического состава (0-20; 20-40 см), освоенные в пашню в 1969 г. из-под березово-соснового леса. Изучаемые элементарные вариационные ареалы почв (ЭВАП) сформировались в пределах одной биоклиматической провинции в однородных литолого-геоморфологических условиях (плоская геологически однородная поверхность). В таких условиях ни геолого-геоморфологические факторы, ни тем более макроклиматические не могут служить причиной пестроты агрофизических свойств. Исследования проводились методом случайных чисел [1]. Для этого в 40-кратной повторности закладывались площадки 1×1 м, в центре которых проводился отбор образцов. На черноземах выщелоченных отбор образцов проводился в посевах пшеницы, на серых лесных почвах – в кормовом севообороте (донник + люцерна). Структурный состав определяли по методу Н.И. Саввинова; водопрочность структуры – на приборе И.М. Бакшеева [2]. Результаты аналитических определений обработаны методами описательной статистики, дисперсионного и дискриминантного анализа с использованием программ Microsoft Excel, Statistica 6,0.

Результаты и их обсуждение

Образование в почве микро-, макропористых структурных агрегатов, трещин стохастично по своей природе. Поэтому даже самый малый объем почвы представляет собой такую статистическую смесь почвенных частиц, что при многократном повторении одних и тех же воздействий на этот объем его внутреннее состояние может каждый раз отличаться [3]. Эти различия, накапливаясь, не всегда взаимно компенсируются, что приводит к локальным макроскопическим эффектам в пространстве – различиям по влажности, колебаниям по содержанию веществ и других характеристик почвы, что в конечном итоге вызывает варьирование количественных значений, характеризующих свойства почвы, даже на очень близких расстояниях в однородных условиях почвообразования [4].

Статистические характеристики структурного состава чернозема выщелоченного в предельно однородных условиях почвообразования указывают на его отлич-

ную оструктуренность. Среднее содержание агрономически ценной фракции (АЦФ) в пахотном слое достигает 84% (табл. 1). Количество глыбистой фракции составляет 12%, пыли – 4%. Среди ценных агрегатов преобладают зернистые отдельности размером 2-1 мм (32 %). Структурный состав по содержанию АЦФ варьирует в небольшой степени. Коэффициент пространственного варьирования составляет 15%. Он изменяется по пробным площадям от хорошего до отличного уровня. Распределение в пространстве отдельных фракций структурного состава менее равномерно и является более варьирующим признаком. Так, содержание крупных отдельностей > 10 мм и тонких – 0,5-0,25; < 0,25 мм варьирует с очень высокой степенью ($V = 74-124\%$). Содержание зернистых агрегатов размером 3-2; 2-1 и 1-0,5 мм соответствует высокой изменчивости ($V = 40-56\%$); отдельностей 10-7; 7-5 и 5-3 мм – средней ($V = 21-37\%$). Значительных отклонений по форме статистического распределения содержания этих фракций, выражающихся в наличии значимых асимметрии и эксцесса, не обнаружено. Исключение составляют отдельности 3-2 мм, обладающие значительной правой асимметрией их выборочного статистического распределения ($A = 2,9$) и значимым эксцессом ($E = 12,2$). В распределении структурных агрегатов 1-0,5 мм также выражена правая асимметрия ($A = 1,2$). Это позволяет утверждать, что в основной части объема пахотного горизонта фракции структурного состава 3-2 и 1-0,5 мм в большинстве случаев имеют содержание ниже среднего.

Среднее содержание водопрочных агрегатов в выборке составляет 55% (табл. 2). При средней величине изменчивости признака ($V = 22\%$) установлен широкий интервал варьирования водопрочных агрегатов (min-max). Их количество изменяется от неудовлетворительного уровня оструктуренности 0-20 см слоя (34%) до отличного (82%). При агрегатном анализе установлена низкая водопрочность структурных агрегатов > 1 мм (0,2-5%) и очень высокая их изменчивость в пространстве ($V = 101-246\%$). Этим же фракциям свойственна достоверная правая асимметрия ($A = 1,8-3,5$) и положительный эксцесс ($E = 2,8-12,7$). Для фракции агрегатного состава 3-1 мм характерно наличие повышенных «выбросов» в статистическом распределении, что

отразилось в сильных положительных асимметрии и эксцессе. Описанные особенности распределения позволяют предположить, что эта фракция при агрогенном воздействии на почву является более трансформируемой.

Итак, элементарный вариационный ареал чернозема выщелоченного отличается небольшим варьированием структурного состава и средним – агрегатного. При этом отдельные фракции структурно-агрегатного состава варьируют от среднего до очень высокого уровня. Очень высокая неоднородность фракций > 10 и < 0,5 мм структурного состава и > 1 мм агрегатного обусловлена влиянием ряда факторов, основными из которых являются гранулометрический состав и растительность. Кроме того, для возникновения неоднородности почвенных свойств имеется достаточное количество не зависящих от почвообразования случайных факторов: неравномерность снежного покрова, пятнистость снеготаяния и замерзания,

случайная пятнистость в распределении растительного опада, разновременное разложение корней, появление ходов всевозможных землероев, неоднородность антропогенных воздействий.

Пахотные серые лесные почвы, по сравнению с черноземами, отличаются более высоким варьированием структурного состава. В лесу сама структура растительности обуславливает пространственную неоднородность отдельных свойств почв на сравнительно близких расстояниях. Преобразование лесных участков в сельскохозяйственные угодья сопровождается уничтожением лесной подстилки и перемешиванием верхних горизонтов уже в период раскорчевки леса. Дальнейшая механизированная обработка приводит к формированию гомогенизированного пахотного и подпахотного горизонтов, которые заметно отличаются по свойствам от аккумулятивных горизонтов ненарушенных почв [5].

Таблица 1

Статистические характеристики структурного состава чернозема выщелоченного (n = 40), %

Показатель	Фракции, мм									АЦФ
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
X	12,1	6,1	7,3	10,7	11,7	31,6	8,8	8,0	3,6	84,3
S	11,8	2,3	2,1	2,3	6,1	12,6	5,0	5,9	4,4	12,9
min	0,0	2,1	3,0	6,2	5,3	4,5	2,2	1,6	0,0	58,0
max	39,1	10,6	11,5	14,5	40,4	64,3	25,2	23,0	16,9	99,4
min-max	39,1	8,5	8,5	8,3	35,1	59,8	23,0	21,4	16,9	41,4
V	97	37	29	21	52	40	56	74	124	15
A	-0,90	-0,12	-0,02	-0,05	2,91*	0,20	1,14*	1,23*	1,40*	-0,70
E	-0,16	-0,57	-0,72	-0,82	12,18*	0,42	1,80	0,40	1,33	-0,80

Примечание. X – среднее арифметическое; S – стандартное отклонение; min, max – предельные значения; min-max – интервал варьирования; V – коэффициент вариации; A – коэффициент асимметрии; E – коэффициент эксцесса; * – статистически значимые коэффициенты (здесь и далее).

Таблица 2

Статистические характеристики агрегатного состава чернозема выщелоченного (n = 40), %

Показатель	Фракции, мм						ВА
	> 7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	
X	0,2	0,3	1,7	4,9	14,3	33,5	54,9
S	0,5	0,7	1,7	5,7	7,8	8,0	11,9
min	0,0	0,0	0,0	1,4	4,8	16,2	34,2
max	1,7	2,3	7,2	27,3	30,2	53,8	82,3
min-max	1,7	2,3	7,2	25,9	25,4	37,6	48,1
V	243	246	101	110	54	24	22
A	2,13*	2,15*	1,78*	3,52*	0,69	0,52	0,27
E	2,84*	2,99*	4,27*	12,73*	-0,74	0,04	-0,93

Определение варьирования содержания агрономически ценных фракций пахотных и подпахотных слоев серых лесных почв указывает на их среднюю изменчивость в пространстве (табл. 3). Заметим, что при тождественной оценке уровня варьирования слой 0-20 см отличается более высоким коэффициентом изменчивости структурного состава ($V = 30\%$). Среднестатистические данные указывают на неудовлетворительную оструктуренность пахотного (37%) и удовлетворительную – подпахотного слоя (54%). Причина низкого уровня структурного состояния серых лесных почв, развитых на коричнево-бурых глинах, обусловлена их высокой глыбистостью (63-45%). Среди структурных отдельностей агрономически ценного размера господствуют агрегаты размером 10-3 мм. На их долю приходится в слое 0-40 см по 7-14% от массы почвы. Пространственная изменчивость структурных отдельностей разного размера в слоях неодинакова. Структурные агрегаты > 10 мм пахотного слоя отличаются небольшим варьированием ($V = 18\%$). Для отдельностей размером 10-3 мм характерно среднее варьирование ($V = 26-36\%$); 3-1 мм – высокое ($V = 44-54\%$). Тонкие агрегаты < 1 мм варьируют в очень высокой степени ($V = 67-300\%$). В подпахотных слоях варьирование для фракций > 2 мм среднее ($V = 24-32\%$), < 2 мм – высокое и очень высокое ($V = 43-150\%$). Полученные данные позволяют утверждать, что обработка слоя 0-20 см несколько увеличивает простран-

ственную неоднородность фракций структурного состава серых лесных почв.

Очень высоко варьирующие фракции структурного состава отличаются значительными отклонениями по форме статистического распределения. Для фракции агрегатов < 1 мм пахотного слоя выявлена значимая правая асимметрия ($A = 1,28-2,55$). В подпахотном слое структурные отдельности крупнее 2 мм также обладают достоверной асимметрией ($A = 1,42-1,93$) и, как правило, значимым эксцессом ($E = 2,42-5,76$).

Тяжелый гранулометрический состав со значительным содержанием ила обеспечивает хорошо выраженную и достаточно прочную структуру пахотных серых лесных почв. Статистический анализ, проведенный в выборке, указывает на отличную оструктуренность почвы, т.к. сумма водпрочных агрегатов (ВА) по слоям достигает 87-83 % (табл. 4). При небольшом размахе колебаний от минимального до максимального содержания водоустойчивых агрегатов (23-25%), агрегатный состав серой лесной почвы достаточно стабильный в пространстве ($V = 7\%$). Наибольшей водоустойчивостью в пахотном слое отличаются отдельности > 7 и 3-1 мм (26-21%). В подпахотном слое заметной водпрочностью отличаются агрегаты 3-1 мм (26%). Варьирование отдельных фракций агрегатного состава серых лесных почв схоже с черноземами и отличается очень высокой и высокой изменчивостью ($V = 37-129\%$).

Таблица 3

Статистические характеристики структурного состава серых лесных почв ($n = 40$), %

Показатель	Фракции, мм									АЦФ
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
<i>0-20 см</i>										
<i>X</i>	62,7	11,3	7,2	6,9	3,9	4,8	1,9	1,2	0,1	37,2
<i>S</i>	11,4	3,0	2,3	2,5	1,7	2,6	1,3	0,8	0,3	11,3
<i>min</i>	41,2	5,3	3,0	3,0	1,5	1,3	0,5	0,0	0,0	15,8
<i>max</i>	84,2	20,5	12,4	12,5	7,3	10,9	5,6	3,3	1,2	58,5
<i>min-max</i>	43,0	15,2	9,4	9,5	5,8	9,6	5,1	3,3	1,2	42,7
<i>V</i>	18	27	32	36	44	54	68	67	300	30
<i>A</i>	-0,00	0,30	0,35	0,39	0,44	0,62	1,41*	1,28*	2,55*	0,00
<i>E</i>	-0,82	1,29	-0,51	-0,72	-1,10	-0,71	1,12	0,84	6,34*	-0,82
<i>20-40 см</i>										
<i>X</i>	45,4	13,6	9,2	10,5	6,8	9,0	3,3	1,9	0,2	54,4
<i>S</i>	11,0	3,2	2,1	2,7	2,2	3,9	1,7	1,4	0,3	10,8
<i>min</i>	15,2	9,2	4,6	3,9	3,1	3,9	1,1	0,0	0,0	31,0
<i>max</i>	69,0	23,9	14,7	16,1	12,9	25,0	9,1	6,1	1,0	82,0
<i>min-max</i>	53,8	14,7	10,1	12,2	9,8	21,1	8,0	6,1	1,0	51,0
<i>V</i>	24	24	23	26	32	43	52	74	150	20
<i>A</i>	-0,36	1,15*	0,19	-0,09	0,78	1,76*	1,95*	1,42*	1,93*	0,27
<i>E</i>	0,59	1,53	0,30	-0,02	0,76	5,75*	4,67*	2,04	2,42*	0,26

Статистические характеристики агрегатного состава серых лесных почв ($n = 40$), %

Показатель	Фракции, мм						ВА
	> 7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	
<i>0-20 см</i>							
<i>X</i>	26,2	9,9	14,1	20,8	10,0	6,1	87,0
<i>S</i>	16,7	3,8	5,6	8,7	4,5	3,0	6,2
<i>min</i>	0,0	1,3	5,0	6,2	1,5	0,4	73,4
<i>max</i>	65,5	18,8	27,2	39,0	21,8	12,5	98,5
<i>min-max</i>	65,5	17,5	22,2	32,8	20,3	12,1	25,1
<i>V</i>	64	38	40	42	45	49	7
<i>A</i>	0,80	0,27	0,20	0,01	0,30	0,35	-0,53
<i>E</i>	-0,30	-0,24	-0,61	-0,80	0,05	-0,38	-0,40
<i>20-40 см</i>							
<i>X</i>	7,7	6,4	19,3	25,5	13,8	10,2	83,2
<i>S</i>	9,9	4,4	8,1	9,3	5,4	4,3	6,1
<i>min</i>	0,0	0,0	5,3	12,8	4,3	4,7	71,9
<i>max</i>	45,6	18,5	33,8	46,2	21,4	27,5	94,4
<i>min-max</i>	45,6	18,5	28,5	33,4	27,1	22,8	22,5
<i>V</i>	129	69	42	37	39	42	7
<i>A</i>	2,22*	0,73	0,32	0,52	0,61	1,95*	-0,02
<i>E</i>	5,59*	0,20	-0,98	-0,74	1,59	6,13*	-0,91

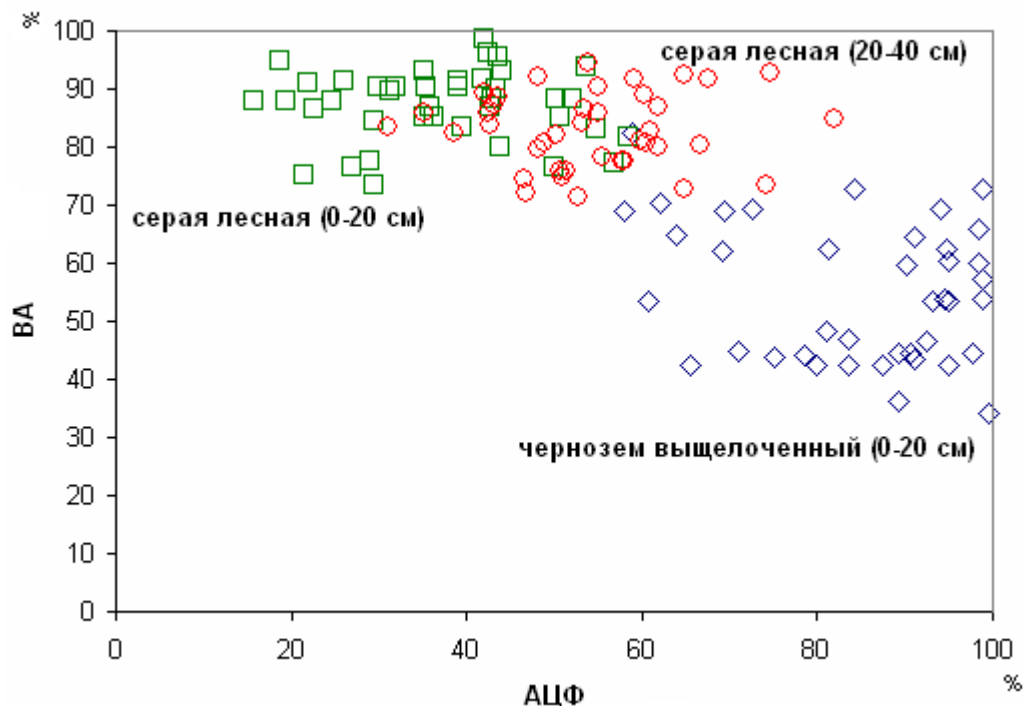


Рис. Распределение структурно-агрегатного состава почв в пространстве, %

Значительных отклонений по форме статистического распределения содержания водоустойчивых фракций в пахотном слое не обнаружено. На глубине 20-40 см значимой правой асимметрией и положительным эксцессом обладают отдельные > 7 и 0,5-0,25 мм.

Использование двумерной графики позволило изобразить распределение структурно-агрегатного состава почв в пространстве изучаемых показателей (рис.). Установлено, что исследуемые элементарные вариационные ареалы почв обра-

зуют две изолированные подсистемы и статистически различаются между собой ($p < 0,001$).

Структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного образует подсистему, сочетающую хорошую и отличную оструктуренность по содержанию АЦФ с водопрочностью агрегатов от неудовлетворительного до отличного уровня. Серые лесные почвы агроценозов характеризуются иным пространственным распределением структурных агрегатов. Агрегатный состав серой лесной почвы в па-

хотных и подпахотных слоях схож между собой и характеризуется высоким уровнем водопрочности. Несмотря на то, что «точки» водопрочности структуры визуально перекрываются по слоям, дисперсионный анализ указывает на статистические различия по содержанию ВА в пахотном и подпахотном горизонтах ($p = 0,004$). Эти различия подтверждаются также дискриминантным анализом. Он указывает на возможность разделения образцов на группы со статистической значимостью на уровне $p < 0,0001$. Структурный состав пахотного и подпахотного слоя имеет разнокачественную оценку и статистически достоверно различается при уровне значимости $p < 0,001$.

Выводы

1. Структурно-агрегатный состав элементарных вариационных ареалов пахотных почв Красноярской лесостепи обладает различной изменчивостью. Чернозем выщелоченный при небольшом варьировании содержания агрономически ценных фракций в пахотном слое ($V = 15\%$) обладает средней изменчивостью содержания водопрочных агрегатов ($V = 22\%$). В серой лесной почве средняя величина варьирования АЦФ в слое 0-20 и 20-40 см сопровождается стабильным распределением водопрочных агрегатов в пространстве ($V = 7\%$).

2. Неодинаковый характер пространственного распределения структурно-агре-

гатного состава и его разнокачественная оценка обусловлены различиями в экологических условиях образования и функционирования почв. В целом, величина варьирования содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов, не превышающая 30%, позволяет судить об однородности пространственного распределения этих показателей.

Библиографический список

1. Липкина Г.С. Изучение параметров почв в полевых и приближенных к полевых условиям / Г.С. Липкина // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров почв. – М., 1980. – С. 29-42.
2. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л.: Колос, 1969. – 430 с.
3. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей / А.М. Глобус. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 427 с.
4. Михеева И.В. Вероятностно-статистические модели свойств почв / И.В. Михеева. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. РАН, 2001. – 197 с.
5. Шугалей Л.С. Экологическая оценка антропогенно-нарушенных почв юга Средней Сибири: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Л.С. Шугалей. – Красноярск, 1991. – 37 с.



УДК 528.7:631.445.53 О.С. Сергеева,
А.М. Гиндемит

ВЛИЯНИЕ ВАРИАНТОВ СИНТЕЗИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ СПУТНИКА LANDSAT-7 НА ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ключевые слова: солонцовые комплексы, космические снимки, синтезирование, химическая мелиорация, глубокое рыхление, экономическая эффективность.

Введение

Одной из наиболее характерных черт почвенного покрова юга Западной Сибири является весьма широкое распространение черноземно-солонцовых комплексов [1-3]. Реорганизация почвенной службы