

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.4

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К РЕПРЕЗЕНТАТИВНОМУ ПРОБООТБОРУ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГУМУСОНАКОПЛЕНИЯ В ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВАХ

К.Г. Гиниятуллин, Г.Я. Мухаметгалиева, А.И. Латыпова

Аннотация

Изучена пространственная неоднородность поступления растительного материала и вторичного гумусонакопления в старопахотных горизонтах залежных светло-серых лесных почвах, находящихся в различных стадиях зарастания и сукцессий растительности. В зависимости от состояния залежи и выраженности ее микропестроты использовали различные методы репрезентативного отбора почвенных проб (поисковый и по систематической решетке). Учет особенностей динамического состояния залежных фитоценозов при проведении пробоотбора позволяет дать объективную оценку закономерностей пространственного распределения накопления гумуса, показателей продуктивности залежных фитоценозов, а также установить корреляционные связи между этими величинами.

Ключевые слова: залежные светло-серые лесные почвы, аккумуляция органического вещества, динамика залежных фитоценозов, пространственная неоднородность.

Введение

Выведение земель из пашни в настоящее время стало общемировой тенденцией, особенно характерной для современной России [1, 2]. Процесс может реализоваться в различных формах: от перевода пашни в высокоэффективные кормовые угодья до простого ее забрасывания. Самопроизвольное восстановление экосистем на залежах подзоны широколиственных лесов начинается с пионерной стадии сукцессий – зарастания заброшенной пашни рудеральными и сегетальными сорняками. В течение следующих нескольких лет на залежи появляются луговые многолетние растения, длиннокорневищные злаки и начинается формирование лугового фитоценоза. Если залежь используется под сенокосение или интенсивный выпас скота, препятствующих внедрению древесных культур, то сукцессия может остановиться на этой стадии. При естественном восстановлении экосистем начинается внедрение в луговой фитоценоз древесных растений и начинаются сукцессии древесных сообществ, теоретически до климаксного состояния – дубравы [2].

Растительное сообщество в пионерной стадии зарастания залежи нельзя отнести к сформировавшемуся фитоценозу. Для подобных неустойчивых сообществ характерно формирование плотности популяций особей в виде нерегулярных

взрывов и падений, мало связанных с их допустимой численностью. При формировании устойчивых фитоценозов должна происходить стабилизация плотности популяций до состояния слабых флуктуаций приближающихся к уровню допустимой численности особей [3]. Тогда любой залежный фитоценоз, не достигший климакса, приходится рассматривать как современное динамическое состояние эволюционного развития растительности, характеризующееся своим биоразнообразием, продуктивностью, вертикальной и горизонтальной структурой, определяющей его ярусность и мозаичность (микрострату), последнее будет во многом определяться контагиозностью. В свою очередь, различная мозаичность (микростратота) будет обеспечивать горизонтальную неоднородность поступления в почву органического вещества (ОВ).

С другой стороны, горизонтальное пространственное варьирование свойств в пределах «малых расстояний» принимается в настоящее время как фундаментальное свойство почвенного покрова, особенно характерное для лесной и лесостепной зоны [4]. Динамичная микростратота залежной растительности будет сложным образом накладываться на микростратоту старопахотной почвы, тогда возникает закономерный вопрос, на какую микростратоту ориентироваться при планировании пробоотбора, связанного с изучением пространственных закономерностей формирования гумуса под залежами.

Правильное планирование эксперимента с учетом микростратоты содержания гумуса в почвах в наиболее сложном для решения варианте требует выполнения следующих предварительных этапов: отбор образцов с рассчитанным шагом по трансектам, статистический анализ на наличие трендов изучаемых почвенных свойств и расчет необходимого количества проб, обеспечивающего точность и надежность результатов [5]. Последнее часто дает расчетные объемы выборок, измеряемые десятками и даже сотнями [6]. При изучении залежных почв более продуктивным подходом может оказаться ориентация на микростратоту залежной растительности, потому что даже визуальная оценка однородности (неоднородности) фитоценоза может обеспечить оптимальный выбор процедуры пробоотбора. Определение продуктивности самого фитоценоза является при этом отдельной проблемой, не имеющей строгого унифицированного решения. Так, по мнению А.А. Титляновой и др. [7], величина показателя первичной продуктивности, определенная разными методами даже в одной и той же экосистеме в один и тот же сезон, может отличаться в 2–3 раза. Поэтому подходы к определению продуктивности естественных фитоценозов выбираются, как правило, исходя из чисто прагматических целей проводимых исследований [7–10].

Большинство работ, связанных с изучением накопления гумуса под залежной растительностью, строится по принципу изучения «парных» объектов по профильным единичным образцам или образцам смешанным. Первый подход сводится к достаточно произвольной экстраполяции результатов, получаемых по единичным объектам обследования, на окружающую территорию или на аналогичные почвенные объекты. Подходы, связанные с отбором смешанных образцов, также имеют ряд существенных методических недостатков при применении их к природным объектам, в том числе подбор соотношения количества индивидуальных проб, используемых для составления смешанного образца, с их линейными размерами, которое должно обеспечить получение достоверных

данных [11]. Ранее нами было показано, что дифференциация органического вещества (ОВ) в залежных светло-серых лесных почв характеризуется сильной вариабельностью, значительно превышающей исходную горизонтальную вариабельность содержания ОВ в пахотной почве [12], значит, и требования к пробоотбору на залежах должны быть значительно строже, чем на пашне.

В то же время известны примеры достаточно эффективного применения различных подходов к репрезентативному отбору образцов для характеристики пространственной неоднородности как целинных, так и пахотных почв с использованием различных технологий регулярного и стратифицировано-случайного площадного опробования участков [4, 13]. В работе [14] отбор проб почв для изучения изменения пула ОВ при облесении пашни и распашке вырубков проводили по 9-точечной октогональной систематической решетке. Наконец, в мировой практике накоплен огромный методический опыт по репрезентативному отбору проб, составлению программ полевых испытаний и оценке качества почвы. Основопологающими являются стандарты ИСО/ТК 190 «Качество почвы», ИСО/ТК 207 «Экологическое управление», стандарты Американского агентства по охране окружающей среды, а также стандарты, установленные Международным агентством по атомной энергетике [16] и ориентированные прежде всего на изучение загрязненности почв.

Цель настоящей работы – оценить связь показателей продуктивности залежной растительности и вторичного накопления гумуса в залежных светло-серых лесных почвах Предволжья Республики Татарстан (РТ) с учетом их горизонтальной неоднородности, используя различные подходы к проведению репрезентативного пробоотбора.

1. Объекты и методы

Объектами исследования были залежные светло-серые лесные почвы, расположенные в Верхнеуслонском и Камско-Устьинском районах РТ. Первый объект исследования – залежь 25–30 лет, расположен в средней части пологого склона северо-восточной экспозиции. Почва – светло-серая лесная легкосуглинистая среднемощная на делювиальном суглинке слабоэродированная. Залежь представляет злаково-разнотравный луговой фитоценоз, зарастающий березой, осиной и единичной сосной. Данная стадия зарастания характеризуется наибольшим видовым разнообразием, степенью контагиозности и микропестроты. При изучении участка ориентировались на поисковый подход к отбору образцов, прикопки (7 шт.) закладывались на наиболее контрастных по растительности участках, выявляемых при геоботаническом обследовании территории по трансектам. Участок отбора образцов имел линейные размеры 80 м × 60 м. Для определения продуктивности растительности отбирался почвенный монолит с произрастающей на ней растительностью размерами 30 см × 30 см на всю глубину старопашотного горизонта. С монолита срезался слой 0–4 см, в котором определялась надземная фитомасса и корни, находящиеся в дернине. В основном монолите определяли содержание корней. Дополнительно со стенок прикопки отбирали 2 образца из верхнего и нижнего слоев старопашотного горизонта (без дернины) для определения содержания гумуса.

Второй объект – два сопряженных разновозрастных залежных участка (2 года и 70–75 лет), расположенные на слабопологом склоне юго-восточной экспозиции. Почва – светло-серая лесная легкосуглинистая среднemocная на делювиальном суглинке. Молодая залежь находится в пионерной стадии зарастания. Залежь 70–75-летнего возраста представлена стабильным разнотравно-злаковым луговым фитоценозом, подвергавшимся ранее систематическому сенокосению и не имеющим признаков зарастания древесными растениями. Фитоценоз не имеет визуально различимой микропестроты. Для изучения объекта ориентировались на систематический отбор образцов. Закладывались две гексагональные 7-точечные решетки, в узлах которых специальным приспособлением отбирались образцы фиксированного объема (250 см³). Расстояние от центрального узла решеток до периферических – 20 м. Образцы отбирались послойно через 5 см на глубину до 35 см, включая дернину. Всего было отобрано 98 образцов, в них определяли содержание гумуса и корневую массу.

Корни осторожно отмывались теплой водой над ситом с ячейками диаметра 0.25 мм от почвенного материала, доводились до воздушно-сухого состояния и взвешивались. Определение гумуса проводили в трехкратной повторности. Расчеты, обработку и оформление данных проводили с применением пакетов MS Excel, STATISTICA, Surfer, SASplanet и Global Mapper.

2. Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты определения показателей, характеризующих содержание гумуса в старопашотном горизонте и продуктивность растительного покрова (залежь 25–30 лет, Верхне-Услонский район РТ) и результаты оценки (по критерию Шапиро – Уилка (W)) соответствия их распределения нормальному закону. Для 25–30-летней залежи все показатели характеризуются нормальным распределением, поэтому для оценки связи между показателями гумусового состояния и продуктивности растительности использовали параметрический показатель – коэффициент корреляции Пирсона (табл. 2).

Табл. 1

Показатели, характеризующие содержание гумуса в старопашотном горизонте, продуктивность растительности и результаты оценки нормальности их распределения (залежь 25–30 лет, Высокогорский район РТ)

Точки отбора образцов	Содержание гумуса в верхнем слое, %	Содержание гумуса в нижнем слое, %	Вес надземной части растений и растительных остатков и корней в дернине (0–4 см), г/0.09 м ²	Вес корней в старопашотном горизонте без дернины, г/кг почвы
1	2.32	1.55	36.16	2.41
2	2.59	1.75	93.98	2.86
3	2.74	1.10	37.49	5.07
4	2.94	1.68	58.72	3.60
5	2.05	1.19	54.13	2.85
6	2.19	1.17	28.95	2.89
7	2.91	1.70	66.69	5.01
Результаты оценки нормальности распределения (W)	0.92 (при $p = 0.48$)	0.83 (при $p = 0.08$)	0.93 (при $p = 0.54$)	0.82 (при $p = 0.06$)

Табл. 2

Матрица корреляций между показателями, характеризующими содержание гумуса в $A_{\text{старопах}}$ и продуктивность растительности (залежь 25–30 лет, Высокогорский район РТ)

	Содержание гумуса в верхнем слое, %	Содержание гумуса в нижнем слое, %	Разница в содержании гумуса между верхним и нижним слоями, %	Вес надземной части растений и корней в слое (0–4 см), г/0.09 м ²	Вес корней в старопахотном горизонте без дернины, г/кг почвы
Содержание гумуса в верхнем слое, %	1.00	0.55 ($p = 0.10$)	0.64 ($p = 0.06$)	0.38 ($p = 0.20$)	0.72 ($p = 0.03$)
Содержание гумуса в нижнем слое, %		1.00	-0.28 ($p = 0.27$)	0.69 ($p = 0.05$)	-0.06 ($p = 0.45$)
Разница в содержании гумуса между верхним и нижним слоями, %			1.00	-0.22 ($p = 0.31$)	0.88 ($p = 0.00$)
Вес надземной части растений и корней в слое (0–4 см), г/0.09 м ²				1.00	0.01 ($p = 0.49$)
Вес корней в старопахотном горизонте без дернины, г/кг почвы					1.00

Обращает на себя внимание отсутствие корреляционной связи между весом надземных частей растений, растительных остатков и корней в дернине и содержанием корней в старопахотном горизонте без дернины ($r = 0.01$ при $p = 0.49$). Данное явление, видимо, достаточно типично для травянистых фитоценозов [7, 9]. В то же время наблюдается прямая сильная статистически значимая корреляционная связь между содержанием корней в $A_{\text{старопах}}$ и содержанием гумуса в его верхней части ($r = 0.72$ при $p = 0.03$) при практически полном отсутствии связи данного показателя с содержанием гумуса в нижней части $A_{\text{старопах}}$ ($r = -0.06$ при $p = 0.45$). Можно сделать предположение, что наличие связи между содержанием корней и содержанием гумуса в верхней части $A_{\text{старопах}}$ проявляется за счет вторичной аккумуляции ОВ в самой верхней части почвенного профиля. Будем исходить из того, что систематическая отвальная обработка на этапе, предшествующем формированию залежи, должна была выровнять содержание гумуса на всю глубину старопахотного горизонта, тогда величину вторичного накопления ОВ можно условно выразить через разницу в его содержании между верхней и нижней его частями. Действительно, корреляционная связь между показателями, характеризующими содержание корней в старопахотном горизонте и вторичным накоплением в нем гумуса, становится значительно более тесной ($r = 0.88$ при $p = 0.00$).

На рис. 1 представлена гистограмма зависимости среднего содержания гумуса и растительных остатков в послонных образцах, отобранных по 7-точечной гексагональной систематической решетке, от глубины пробоотбора (залежь 2 года и залежь 70–75 лет, Камско-Устьинский район РТ). Содержание как гумуса, так и растительной и корневой массы закономерно уменьшается с глубиной, при этом во всех слоях наблюдается повышенное содержание гумуса в 70–75-летней

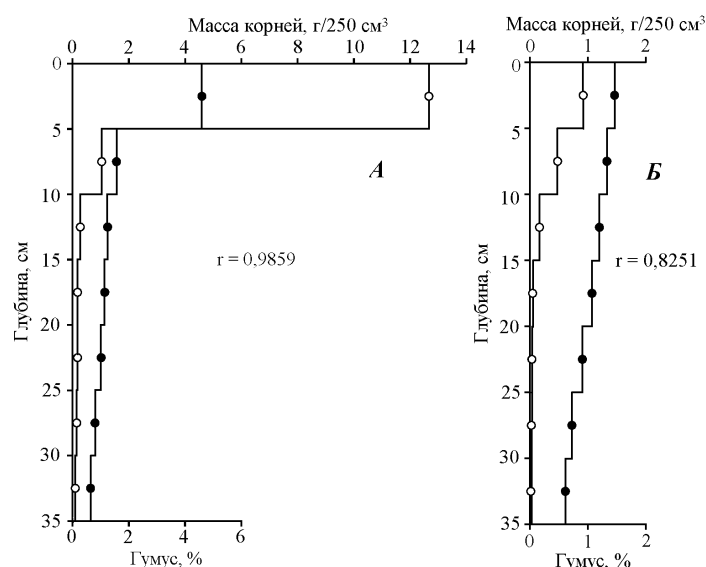


Рис. 1. Гистограмма зависимости среднего содержания гумуса (●) и массы корней (○) от глубины послойного отбора образцов: *a* – залежь 70–75 лет, *б* – залежь 2 года

залежной почве по сравнению с 2-летней. Однако результаты *t*-теста независимых выборок показывают, что значимая разница в содержании гумуса в разновозрастных залежных почвах формируется только в самых верхних слоях горизонта $A_{\text{старопах}}$ (слой 0–5 см $t = 7.05$ и слой 5–10 см $t = 2.19$ при критическом значении $t_{\text{ст}} = 2.18$).

Результаты оценки нормальности распределения содержания гумуса, растительных остатков и корней в послойных образцах из 7 разрезов, заложенных по систематической гексагональной решетке (залежь 2 года и 70–75 лет), оказались неоднозначными. Поэтому для оценки корреляционной связи наряду с параметрическим показателем корреляции использовали непараметрический показатель – коэффициент корреляции Спирмена (табл. 3 и 4).

Оценка корреляционной связи между содержанием корней и гумуса в послойных (через 5 см) образцах от 0 до 20 см, отобранных по 7-точечной решетке на залежи возрастом 2 года, не обнаруживает какой либо системы в распределении значений коэффициентов корреляции с глубиной. Значение коэффициента корреляции изменяется достаточно произвольно – от слабой обратной до сильной прямой корреляции.

Для послойных (через 5 см) образцов в слое $A_{\text{старопах}}$ 5–25 см, отобранных на залежи возрастом 70–75 лет, выявляется сильная, статистически значимая корреляция между содержанием ОВ и массой корней.

Результаты можно интерпретировать с тех позиций, что между содержанием гумуса и содержанием в них корней может наблюдаться прямая корреляционная зависимость, однако она проявляется только в почвах под стабильными залежными ценозами, развивавшимися достаточно долгое время. При изучении пространственной изменчивости свойств почв и фитоценозов необходимо учитывать, что выявляемая корреляционная связь может отражать совпадающие тренды

Табл. 3

Оценка нормальности распределения по критерию Шапиро – Уилка и оценка корреляции содержания гумуса и корней в послонных образцах (залежь 2 года)

Глубина отбора образцов, см	Оценка нормальности распределения содержания гумуса, %		Оценка нормальности распределения содержания корней, г		Коэффициент корреляции	Значение коэффициента корреляции	<i>p</i> -значение
	Значение статистики (<i>W</i>)	<i>p</i> -значение	Значение статистики (<i>W</i>)	<i>p</i> -значение			
0–5	0.91	0.42	0.86	0.14	Пирсона	0.64	0.06
5–10	0.97	0.93	0.91	0.39	Пирсона	–0.27	0.28
10–15	0.84	0.11	0.64	0.00	Спирмена	0.04	0.94
15–20	0.90	0.33	0.93	0.52	Пирсона	0.77	0.02
20–25	0.97	0.87	0.86	0.16	Пирсона	0.31	0.25

Табл. 4

Результаты оценки нормальности распределения и оценка корреляции содержания гумуса и корней в послонных образцах (залежь 70–75 лет)

Глубина отбора образцов, см	Оценка нормальности распределения содержания гумуса, %		Оценка нормальности распределения содержания корней, г		Коэффициент корреляции	Значение коэффициента корреляции	<i>p</i> -значение
	Значение статистики (<i>W</i>)	<i>p</i> -значение	Значение статистики (<i>W</i>)	<i>p</i> -значение			
0–5	0.86	0.14	0.91	0.41	Пирсона	0.58	0.09
5–10	0.97	0.90	0.99	0.98	Пирсона	0.78	0.02
10–15	0.88	0.21	0.65	0.00	Спирмена	0.75	0.05
15–20	0.82	0.06	0.99	1.00	Пирсона	0.88	0.00
20–25	0.93	0.55	0.90	0.35	Пирсона	0.76	0.02

сравниваемых показателей, связанные с рельефом, условиями увлажнения, сменой почвообразующих пород. Наиболее продуктивным подходом для решения подобных задач является использование методов геостатистики, базирующихся в основном на построении модельных вариограмм [4, 17, 18]. Построение вариограмм с оценкой наггет-дисперсии, радиуса корреляции позволяет объективно оценить наличие пространственной структуры (квазипериодической изменчивости) или его отсутствие (случай «чистого наггета», когда пространственное варьирование свойств может трактоваться как абсолютно случайное, хаотическое их распределение). Анализ вариограмм позволяет также выявить наличие трендов. Однако подобный строгий подход к оценке пространственных закономерностей неприемлем для малочисленных выборок, и требует как минимум оценки результатов 100–150 испытаний [19, 20]. В нашем случае для оценки соответствия пространственного распределения накопления гумуса и показателей продуктивности залежной растительности придется ограничиться визуализацией данных по их географическим координатам в программе Surfer (с использованием процедуры кригинга, который, в принципе, также основан на анализе вариограмм) и феноменологической оценке получаемых изображений.

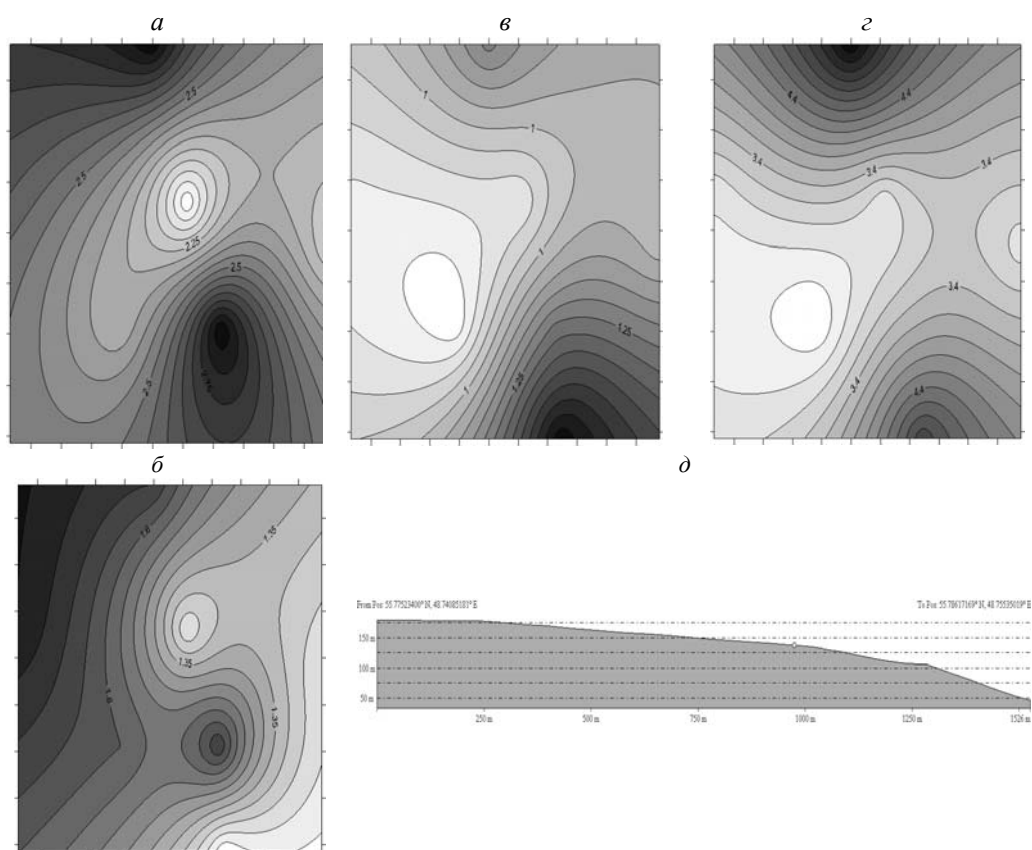


Рис. 2. Результаты визуализации пространственного распределения показателей гумусного состояния залежной (Верхнеуслонский район РТ) почвы (*a* – содержание ОВ в верхней части $A_{\text{старопах}}$, *б* – содержание ОВ в нижней части $A_{\text{старопах}}$, *в* – разница в содержании ОВ между слоями $A_{\text{старопах}}$, *г* – масса корней в $A_{\text{старопах}}$) и профиль рельефа участка отбора образцов пологого склона северо-восточной экспозиции (*д*)

Результаты визуализации пространственного распределения показателей гумусного состояния и массы корней в образцах из старопахотного горизонта залежных почв представлены на рис. 2 и 3. Можно отметить, что даже при отсутствии существенной корреляции между содержанием гумуса в верхнем и нижнем слоях ($r = 0.55$ при $p = 0.10$) картина пространственной изменчивости данного показателя для разнотравно-злаковой залежи, зарастающей лесом, (рис. 2) достаточно однотипна, но сильно отличается от картины распределения разницы в содержании гумуса между слоями $A_{\text{старопах}}$. В свою очередь, последний показатель имеет картину пространственного распределения, практически идентичную распределению массы корней. Анализ рис. 3, на котором представлены результаты пространственной визуализации распределения массы корней и содержания гумуса в послыстных образцах почв, находящихся под стабильными залежными фитоценозами, не имеющими выраженной микропестроты (залежь 70–75 лет, Камско-Устьинский район РТ), также показывает достаточно однотипную картину распределения данных показателей в почвах. В обоих случаях сравнение

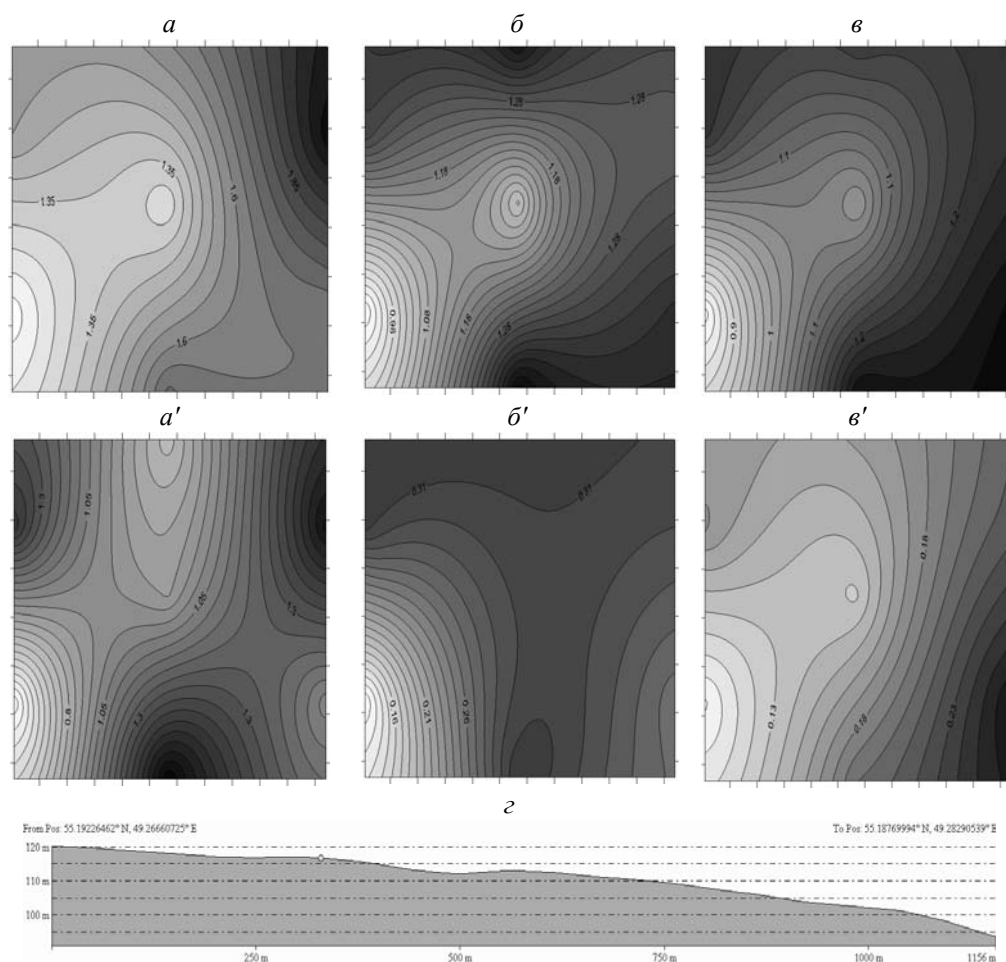


Рис. 3. Результаты визуализации пространственного распределения содержания ОВ в послонных образцах $A_{\text{старопах}}$ (5–10 см – *a*, 10–15 см – *б* и 15–20 см – *в*), массы корней (5–10 см – *а'*, 10–15 см – *б'* и 15–20 см – *в'*) и профиль рельефа участка отбора образцов – слабопологого склона юго-восточной экспозиции (*z*)

картин пространственного распределения с профилем рельефа не позволяет выявить каких-либо закономерных трендов в изучаемых свойствах, связанных с рельефом местности.

При моделировании процесса гумусонакопления принято систему «гумус почвы – растительный покров» представлять как сложную саморегулирующуюся систему с обратными связями, при этом обычно исходят из предположения, что по прошествии некоторого количества лет содержание ОВ в почве практически не будет зависеть от начальных условий и имеет вполне определенное значение, которое равно отношению скоростей ее поступления и разложения. Считается, что не только количество растительных остатков влияет на уровень гумусонакопления, но и, наоборот, от содержания гумуса зависит продуктивность фитоценоза. Для аналитического представления зависимости может быть использована гиперболическая функция, позволяющая отразить существенную зависимость

продуктивности от содержания гумуса на ранних стадиях почвообразования и ослабление этой зависимости с ростом содержания гумуса по мере приближения системы к стационарному состоянию [21, 22]. При всей логической простоте применения данных общепринятых постулатов к глобальным объектам остается открытым вопрос, как эти связи будут реализоваться в реальных природных системах почва – фитоценоз с присущей им микропестротой, которая в большинстве случаев приводит к образованию пространственных структур с квазипериодической изменчивостью, и, соответственно, как и в какой степени должна учитываться эта неоднородность при оценке масштабов вторичной аккумуляции гумуса под залежами почв и моделировании данного процесса.

Заключение

Отбор образцов по систематической решетке на стабильных луговых залежных фитоценозах, так же как и поисковый отбор с учетом микропестроты растительности на залежах с высокой степенью микропестроты, позволяет дать объективную оценку закономерностей пространственного распределения вторичного накопления гумуса и показателей продуктивности залежных фитоценозов. Применение различных подходов к проведению пространственного репрезентативного пробоотбора, учитывающих особенности динамического состояния залежных фитоценозов, позволяет установить корреляционные связи между содержанием гумуса и корней в пределах старопашотного горизонта.

Литература

1. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Швиденко А.З., Сапожников П.М. Изменение общего пула органического углерода в залежных почвах России в 1990–2004 гг. // Почвоведение. – 2010. – № 3. – С. 361–368.
2. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Т. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.
3. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 238 с.
4. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв. – М.: ЛКИ, 2008. – 160 с.
5. Фрид А.С. Пространственное варьирование и временная динамика плодородия почв в длительных полевых опытах. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 80 с.
6. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2009. – 328 с.
7. Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А., Дубынина С.С., Копотева Т.А., Магомедова Л.Н., Мироньчева-Токарева Н.П., Нефедьева Л.Г., Семенюк Н.В., Тишков А.А., Ти Гран, Хакимзянова Ф.И., Шатохина Н.Г., Шмакова Е.И. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. – Новосибирск: Наука, 1988. – 134 с.
8. Титлянова А.А., Афанасьев Н.А., Наумова Н.Б., Андриевский В.С., Артамонова В.С., Булавко Г.И., Гантимурова Н.И., Косинова Л.Ю., Косых Н.П., Мироньчева-Токарева Н.П., Мордкович Г.Д., Наумов А.В., Напрасникова Е.В., Половинко Г.П., Стебаева С.К., Якутин М.В. Сукцессии и биологический круговорот. – Новосибирск: Наука, 1993. – 157 с.

9. *Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П.* Подземные органы растений в травяных экосистемах. – Новосибирск: Наука, 1996. – 128 с.
10. *Курганова И.Н., Ермолаев А.М., Лопес де Гереню В.О., Ларионова А.А., Кузяков Я., Келлер Т., Ланге Ш.* Баланс углерода в почвах залежей Подмосковья // Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 60–68.
11. *Прохорова З.А., Фрид А.С.* Изучение и моделирование плодородия почв на базе длительного полевого опыта. – М.: Наука, 1993. – 189 с.
12. *Гиниятуллин К.Г., Шинкарев А.А., Фазылова А.Г., Кузьмина К.И., Шинкарев А.А. (мл.)* Пространственная неоднородность вторичной аккумуляции гумуса в старопашотных горизонтах залежных светло-серых лесных почв // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2012. – Т. 154, кн. 4. – С. 61–70.
13. *Орешкина Н.С.* Статистические оценки пространственной изменчивости свойств почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 112 с.
14. *Mueller C.W., Koegel-Knabner I.* Soil organic carbon stocks, distribution, and composition affected by historic land use changes on adjacent sites // Biol. Fertil. Soils. – 2009. – V. 45, No 4. – P. 347–359.
15. Soil sampling for environmental contaminants. – Vienna: IAEA, 2004. – 75 p.
16. Геостатистика и география почв / Отв. ред. П.В. Красильников. – М.: Наука, 2007. – 175 с.
17. *Мешалкина Ю.Л., Васенев И.И., Кузякова И.Ф., Романенков В.А.* Геостатистика в почвоведении и экологии. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 95 с.
18. *Webster R., Oliver M.A.* Sample adequately to estimate variograms of soil properties // J. Soil Sci. – 1992. – V. 43, No 1. – P. 177–192.
19. *Lark R.M.* Estimating variograms of soil properties by the method-of-moments and maximum likelihood // Eur. J. Soil Sci. – 2000. – V. 51, No 4. – P. 717–728.
20. *Росновский И.Н.* Системный анализ и математическое моделирование процессов в почвах. – Томск: Том. гос. ун-т, 2007. – 312 с.
21. *Рыжова И.М., Шамшин А.А.* Сравнительный анализ устойчивости почв в рамках нелинейной математической модели круговорота углерода // Почвоведение. – 1997. – № 10. – С. 1265–1272.

Поступила в редакцию
28.05.13

Гиниятуллин Камиль Гашикович – кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Ginijatullin@mail.ru

Мухаметгалиева Гулия Якуповна – студент кафедры почвоведения, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Guliya_Ya@mail.ru

Латыпова Алия Ильдусовна – студент кафедры почвоведения, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: missisaliya@yandex.ru

* * *

APPLICATION OF VARIOUS APPROACHES TO REPRESENTATIVE SAMPLING FOR STUDYING HUMUS ACCUMULATION IN FALLOW SOILS

K.G. Giniyatullin, G.Ya. Mukhametgalieva, A.I. Latypova

Abstract

This paper deals with the spatial heterogeneity of plant material supply and secondary humus accumulation in the cultivated horizons of fallow light-grey forest soils at various stages of overgrowth and vegetation succession. Depending on the state and mosaic of fallow soils, different methods of soil sampling (search sampling and systematic grid sampling) were used. The account of the features of the dynamic state of fallow phytocenoses during soil sampling makes it possible to give an objective estimation of the humus accumulation distribution and the productivity indices of fallow phytocenoses and to establish correlation relationships between these variables.

Keywords: fallow light-grey forest soils, accumulation of organic matter, dynamics of fallow phytocenoses, spatial heterogeneity.

References

1. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Shvidenko A.Z., Sapozhnikov P.M. Changes in the organic carbon pool of abandoned soils in Russia (1990–2004). *Pochvovedenie*, 2010, vol. 43, pp. 333–340. (In Russian)
2. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.T. Dynamics of Agricultural lands in Russia in the 20th century and postagrogenic restoration of vegetation and soils. Moscow, GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
3. Whittaker R. *Communities and Ecosystems*. N. Y.: MacMillan, 1975. 385 p.
4. Samsonova V.P. Spatial variability of soil properties: Based on the example of soddy-podzolic soils. Moscow, Izd. LKI, 2008. 160 p. (In Russian)
5. Frid A.S. Spatial Variation and Temporal Dynamics of Soil Fertility in Long-Term Field Experiments. Moscow, Rosselkhozakademiya, 2002. 80 p. (In Russian)
6. Dmitriev E.A. *Mathematical Statistics in Soil Science*. Moscow: Izd. Mosk. Univ., 2009. 328 p. (In Russian)
7. Titlyanova A.A., Bazilevich N.I., Snytko V.A., Dubynina S.S., Kopoteva T.A., Magomedova L.N., Mironycheva-Tokareva N.P., Nefedeva L.G., Semenyuk N.V., Tishkov A.A., Ti Tran, Khakimzyanova F.I., Shatokhina N.G., Shmakova E.I. Biological Productivity of grassland ecosystems. Geographical Regularities and Ecological Features. Novosibirsk, Nauka, 1988. 134 p. (In Russian)
8. Titlyanova A.A., Afanasev N.A., Naumova N.B., Andrievskii V.S., Artamonova V.S., Bulavko G.I., Gantimurova N.I., Kosinova L.Yu., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Mordkovich G.D., Naumov A.V., Naprasnikova E.V., Polovinko G.P., Stebaeva S.K., Yakutin M.V. Successions and Biological Cycle. Novosibirsk, Nauka, 1993. 157 p. (In Russian)
9. Titlyanova A.A., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P. Subterranean Organs of Plants in Grassland Ecosystems. Novosibirsk, Nauka, 1996. 128 p. (In Russian)
10. Kurganova I.N., Ermolaev A.M., Lopes de Gerenyu V.O., Larionova A.A., Kuzyakov Ya., Keller T., Lange Sh. Carbon Balance in the Fallow Soils Near Moscow. *Pochvovedenie*, 2007, no. 1, pp. 60–68. (In Russian)
11. Prokhorova Z.A., Frid A.S. Study and Modeling of Soil Fertility on the Basis of a Long-Term Field Experiment. Moscow, Nauka, 1993. 189 p. (In Russian)
12. Giniyatullin K.G., Shinkarev A.A., Fazylova A.G., Kuzmina K.I., Shinkarev A.A. (Jr.) Spatial heterogeneity of secondary humus-accumulation in old-arable horizons of fallow light-grey forest soils. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2012, vol. 154, no. 4, pp. 61–70. (In Russian)

13. Oreshkina N.S. Statistical Evaluation of Spatial Variability of Soil Properties. Moscow, Izd. Mosk. Univ., 1988. 112 p. (In Russian)
14. Mueller C.W., Koegel-Knabner I. Soil organic carbon stocks, distribution, and composition affected by historic land use changes on adjacent sites. *Biol. Fertil. Soils*, 2009, vol. 45, no. 4, pp. 347–359.
15. Soil sampling for environmental contaminants. Vienna, IAEA, 2004. 75 p.
16. Geostatistics and Geography of Soils (Ed. by Krasilnikov P.V.). Moscow, Nauka, 2007. 175 p. (In Russian)
17. Meshalkina Yu.L., Vasenev I.I., Kuzyakova I.F., Romanenkov V.A. Geostatistics in Soil Science and Ecology. Moscow, RSAU-MTAA, 2010. 95 p. (In Russian)
18. Webster R., Oliver M.A. Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *J. Soil Sci.*, 1992, vol. 43, no. 1, pp. 177–192.
19. Lark R.M. Estimating variograms of soil properties by the method-of-moments and maximum likelihood. *Eur. J. Soil Sci.*, 2000, vol. 51, no. 4, pp. 717–728.
20. Rosnovskii I.N. System Analysis and Mathematical Modeling of Processes in Soils. Tomsk, Tomsk Gos. Univ., 2007. 312 p. (In Russian)
21. Ryzhova I.M., Shamshin A.A. Comparative analysis of soil stability within the framework of a nonlinear mathematical model of the carbon cycle. *Pochvovedenie*, 1997, no. 10, pp. 1265–1272.

Received
May 28, 2013

Giniyatullin Kamil Gashikovich – PhD in Biology, Associate Professor, Department of Soil Science, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: Ginijatullin@mail.ru

Mukhametgalieva Guliya Yakupovna – Student, Department of Soil Science, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: Guliya_Ya@mail.ru

Latypova Aliya Ildusovna – Student, Department of Soil Science, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: missisaliya@yandex.ru