



УДК 631.445

DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-3-12

Светлана Михайловна Каюгина

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, старший преподаватель кафедры математики и информатики, Россия, Тюмень, e-mail: kayuginasm@gausz.ru

Дмитрий Иванович Еремин

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, доцент, Россия, Тюмень, e-mail: soil-tyumen@yandex.ru

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ МОЩНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Серые лесные почвы являются наиболее перспективными для расширения пахотного фонда Северного Зауралья. В отличие от черноземов они характеризуются существенным варьированием основных морфогенетических свойств, что затрудняет их рациональное использование. Цель исследования – анализ пространственной вариабельности мощности и нижней границы генетических горизонтов светло-серых, серых и темно-серых лесных почв Северного Зауралья. Статистическая обработка результатов описания 330 полнопрофильных почвенных разрезов осуществлялась в Microsoft Excel 2010. Было установлено, что подтипы серых лесных почв существенно различаются по генетическим горизонтам. В светло-серых и собственно серых лесных почвах присутствует элювиальный горизонт (A1A2), отличающийся по окраске и структуре. Анализ показателей описательной статистики позволяет сделать вывод о высокой вариабельности мощности и нижней границы элювиального горизонта в пределах рассматриваемых подтипов серых лесных почв. В темно-серых лесных почвах элювиальный горизонт не встречается, только на отдельных разрезах отмечены признаки оподзоливания, выраженные в виде кремнеземистой присыпки. Подтип собственно серых лесных почв характеризуется средним уровнем плодородия и может рассматриваться как потенциально значимая почва при расширении пахотного фонда. Почвенный профиль темно-серой лесной почвы наиболее приближен по морфогенетическим признакам к черноземам лесостепной зоны Зауралья. Выявлена значительная изменчивость глубины линии вскипания в собственно серых и темно-серых лесных почвах, что является региональной особенностью почвенного покрова Северного Зауралья и может быть объяснением пространственной неоднородности элементов плодородия данного подтипа почв.

Ключевые слова: серые лесные почвы, генетические горизонты, пространственная вариабельность, формула почвенного профиля, морфологические признаки, почвенный разрез.

Svetlana M. Kayugina

Northern Trans-Urals State Agrarian University, senior lecturer of the chair of mathematics and informatics, Russia, Tyumen, e-mail: kayuginasm@gausz.ru

Dmitry I. Eremin

Northern Trans-Urals State Agrarian University, professor of the chair of soil science and agrochemistry, doctor of biological sciences, associate professor, Russia, Tyumen, e-mail: soil-tyumen@yandex.ru

SPATIAL VARIABILITY OF THE POWER OF GENETIC HORIZONS OF GRAY FOREST SOILS OF NORTHERN TRANS-URALS

Gray forest soils are the most promising for expanding arable fund of the Northern Trans-Urals. Unlike chernozems, they are characterized by significant variation in the main morphogenetic properties, which makes it difficult to use them efficiently. The purpose of the study was to analyze spatial variability of the power and lower limit of genetic horizons of light gray, gray and dark gray forest soils of the Northern Trans-Urals. Statistical processing of the results of the description of 330 full-profile soil sections was performed in Microsoft Excel 2010. It was found that the subtypes of gray forest soils differed significantly in genetic horizons. In light gray and gray forest soils proper, there was eluvial horizon (A1A2), differing in color and structure. The analysis of descriptive statistics made it possible to conclude that there was high variability in the thickness and lower boundary of eluvial horizon within considered subtypes of gray forest soils. In dark-gray forest soils, eluvial horizon was not found, only on certain sections there were podzolic signs, expressed as silica powder. The subtype of gray forest soils was characterized by average level of fertility and could be considered as potentially significant soil when expanding the arable fund. The soil profile of dark-gray forest soil was most closely approximated by morphogenetic features to the chernozem of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. Considerable variability in the depth of boiling line in gray and dark gray forest soils was revealed, which was a regional feature of the soil cover of Northern Trans-Urals and could have an explanation for spatial heterogeneity of the fertility elements of this soil subtype.

Keyword: gray forest soils, genetic horizons, spatial variability, soil profile formula, morphological features, soil section.

Введение. Северное Зауралье является активно развивающимся агропромышленным регионом. За последние годы здесь было реализовано несколько значительных инвестиционных проектов в сфере АПК, в частности были введены в эксплуатацию крупные молочные комплексы в Голышмановском и Ялуторовском районах [1, 2]. С развитием селекции и собственного семеноводства сибирские аграрии получили новые сорта сельскохозяйственных культур, способные давать высокие урожаи в неблагоприятных климатических условиях Сибири [3–5]. С появлением компьютерных технологий научно обоснованная система земледелия вышла на новый этап развития, что дало возможность учитывать природно-климатические особенности региона в разработке адаптивно-ландшафтной системы земледелия [6, 7].

Посевные площади сельскохозяйственных культур Тюменской области в настоящее время составляют более одного миллиона гектар. Сохранение существующей тенденции наращивания объемов сельскохозяйственного производства в регионе привело к необходимости выявления новых земельных территорий для освоения. Ученые ГАУ Северного Зауралья произвели оценку основных показателей плодородия

почв, наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области, в том числе были рассмотрены серые и темно-серые лесные почвы [8].

Рациональное использование земли невозможно без знаний механизмов функционирования почв. Особое место здесь принадлежит изучению генезиса различных почв [9]. Однако до настоящего времени мало кто занимался масштабным изучением таких важных морфологических свойств, как мощность генетических горизонтов целинных серых лесных почв. Исследования, начатые кафедрой почвоведения и агрохимии Тюменского СХИ под руководством Л.Н. Каретина [10], дали возможность приступить к формированию информационной базы по морфогенетическим признакам и основным свойствам серых лесных почв с 1960 по 1990 г. С 2002 г. полевые исследования продолжились и ведутся до настоящего времени [11, 12]. За весь период было заложено 330 полнопрофильных разрезов, охватывающих все подтипы серых лесных почв подтаежной и лесостепной зоны Северного Зауралья.

Одной из фундаментальных и существенных характеристик почвы является изменчивость ее свойств как в пространстве, так и во времени. До недавнего времени проблема пространственной variability свойств почвы представляла

только теоретический интерес, поскольку, с одной стороны, ее изучение требовало слишком больших затрат, связанных с получением первичной информации, а с другой – практической необходимости в такой информации не было. Однако сегодня ситуация изменилась. Развивается новое направление аграрных технологий – «точное земледелие», появлению которого способствовало внедрение в сельскохозяйственное производство компьютерных технологий и информационных систем. Возможность обработки данных о почвах с пространственно распределенными характеристиками обеспечивает количественное описание пространственной вариативности почвы, повышает точность оценок почвенных свойств [13]. Изучением пространственного варьирования показателей плодородия, водно-физических свойств серых лесных почв занимаются ученые в разных регионах России, например в Красноярском ГАУ [9, 10], в «Институте почвоведения и агрохимии» Сибирского отделения Российской академии наук [14].

Цель исследований. Выполнить анализ пространственной вариативности мощности и нижней границы генетических горизонтов серых лесных почв Северного Зауралья.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследования были выбраны наиболее распространенные на юге Тюменской области серые лесные почвы. По занимаемой площади они уступают лишь подзолистым почвам и в целом занимают 6,3 % территории, что соответствует 889 тыс. га. Почвенные профили закладывали на всех подтипах серой лесной почвы на участках, которые не были использованы в пашне. За годы исследований, которые начались с 1965 г. и ведутся до настоящего времени, было заложено в общей сложности 330 полноценных почвенных профилей, из которых 96 – на светло-серых; 111 – на собственно серых и 123 – на темно-серых лесных почвах.

По данным кафедры почвоведения и агрохимии статистическую обработку результатов измерения мощности и нижней границы генетических горизонтов серых лесных почв проводили с использованием инструмента «Описательная статистика» пакета «Анализ данных» табличного процессора Microsoft Excel 2010. Были рассчитаны меры центральной тенденции (среднее, мода, медиана), меры изменчивости (стандартное отклонение, дисперсия, размах),

меры отклонения формы распределения (асимметрия, эксцесс).

Для оценки пространственной вариативности определен коэффициент вариации (CV), который представляет процентное отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому. Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10 %, средней, если CV от 10 до 20 %, и значительной, если коэффициент вариации более 20 %.

Результаты исследований и их обсуждение. Основные площади светло-серых лесных почв Северного Зауралья сосредоточены в подтаежной зоне, являющейся северной границей промышленного земледелия. Несмотря на низкие показатели плодородия, они активно используются как в пашне, так и в кормовых угодьях. В лесостепной зоне светло-серые лесные почвы не имеют широкого распространения, и вовлечение их в сельскохозяйственное производство крайне низкое – в основном их выделяют под пастбища.

Мощность гумусово-элювиального горизонта (A1) светло-серых лесных почв в среднем по выборке составляет 16 см, что не дает возможности формировать полноценный пахотный горизонт (30 см). Максимальная толщина гумусового слоя не превышает 20 см (табл. 1). Сравнительный анализ средней (m), медианы (Med) и моды (Mo) указывает на симметричное распределение значений выборки мощности горизонта A1. Рассчитанный нами эксцесс (Ex) был отрицательным, что указывает на равномерное распределение толщины гумусово-элювиального горизонта относительно среднего значения выборки. Разброс относительно средней составил около 2,3 см при коэффициенте вариации 15 %, что соответствует средней степени изменчивости.

Полноценный элювиальный горизонт с характерными морфологическими признаками встречается крайне редко в подтипе светло-серых лесных почв. Обычно выделяют переходный горизонт A1A2 с белесоватой окраской и пластинчатой структурой. Также большое распространение в изучаемом подтипе получил горизонт A2B1, характеризующийся светло-серой или белесоватой окраской с буроватым оттенком. По своим свойствам эти горизонты не имеют существенных отличий, поэтому при формировании выборки они были объединены под одним индексом – A1A2 [6]. Средняя мощ-

ность этого горизонта составляет 11 см с варьированием от 7 до 17 см. Распределение значений ближе к нормальному, о чем свидетельствует коэффициент асимметрии ($A=0,2$). Эксцесс отрицательный, следовательно, значения мощности почвенного профиля A1A2 в выборке рассеяны от центрального (среднего), стандартное отклонения (s) составляет 2,3 см. Коэффициент вариации, равный 20 %, указывает на высокую степень изменчивости.

Верхняя часть иллювиального горизонта (B1), выделяемая по окраске и структуре, в светло-серых лесных почвах варьирует от 20 до 27 см при среднем значении 23 см. Распределение значений в выборке плосковершинное, а асимметрия незначительна. Вариабельность низкая ($CV=9\%$), что обусловлено схожими условиями почвообразовательного процесса данного подтипа в Северном Зауралье.

Горизонт B2 обычно характеризуется большей мощностью, чем B1, и отличается главным образом окраской и ореховатой структурой. В составленной нами выборке его толщина варьировала от 45 до 70 см при среднем значении 57 см ($CV=13\%$). Асимметрия незначительна, распределение плосковершинное. Значения в выборке рассеяны относительно среднего, о чем свидетельствуют величина дисперсии ($\sigma^2=53$) и стандартное отклонение, составляющее 7,3 см.

В подтипе светло-серых лесных почв Северного Зауралья часто выделяется переходный горизонт BC с неясно выраженной структурой и более светлой окраской относительно горизонта B2. Средняя по выборке мощность составляет 62 см. Размах вариации равен 23 см. Распределение ближе к плосковершинному, асимметрия незначительна. Вариабельность средняя, о чем свидетельствует коэффициент вариации, равный 11 %.

Анализ морфологических свойств показал, что в анализируемой выборке светло-серых лесных почв не были встречены экземпляры, имеющие карбонат кальция в почвенном профиле. Поэтому мы не стали выделять иллювиально-карбонатный горизонт в этом подтипе.

Таким образом, на основании статистического анализа можно предложить следующую формулу светло-серой лесной почвы Северного Зауралья:

A0 (3 см) – A1 ($16\pm 2,3$) – A1A2 ($11\pm 2,3$) – B1 ($23\pm 2,1$) – B2 ($57\pm 7,3$) – BC ($62\pm 6,6$) – C.

Собственно серые лесные почвы широко используются в пашне только в подтаежной зоне. Южнее их значимость постепенно уменьшается, и в южной лесостепи они обычно используются под кормовые угодья. Причина этого – наличие в лесостепи более плодородных почв, на которых размещаются пахотные угодья. Однако подтип собственно серых лесных почв характеризуется средним уровнем плодородия и может рассматриваться как потенциально значимая почва при расширении пахотного фонда Западной Сибири.

Средняя по выборке мощность гумусово-иллювиального горизонта составляет 18 см, что незначительно больше светло-серой лесной почвы. Размах вариации также не отличается от предыдущего подтипа – 8 см. Распределение значений симметричное, плосковершинное. Коэффициент вариации равен 15 %, что говорит о средней вариабельности мощности горизонта A1 у данного подтипа почв.

Мощность горизонта A1A2 собственно серых лесных почв ниже, чем у светло-серой, и составляет в среднем 9 см. Варьирование отмечено в диапазоне от 5 до 12 см при CV , равном 23 %. Данный горизонт характеризуется большой значимостью для земледелия, поскольку при распашке он обычно вовлекается в пахотный слой, тем самым влияя на агрофизические и физико-химические свойства пашни. Обладая низкой емкостью катионного обмена и повышенной потенциальной кислотностью, горизонт A1A2 способствует подкислению пахотного слоя и способен влиять на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Мощность генетического горизонта B1 у собственно серых почв имеет небольшой размах вариации 5 см, в среднем он составляет 35 см. Анализ 111 почвенных разрезов показал, что несмотря на большую площадь исследований, горизонт B1 характеризуется незначительной вариацией значений – 5 %. Это дает возможность прогнозировать такой важнейший показатель, как водопроницаемость собственно серой лесной почвы в Северном Зауралье. Распределение значений мощности горизонта B1 плосковершинное, асимметрия мала.

Изучение генетических горизонтов дает понимание активности и направления почвообразовательного процесса на определенной местности. Горизонт B2 обычно формируется путем иллювиирования элементарных почвенных час-

тиц с размерами менее 0,01 мм. В этом горизонте не происходит образования гумусовых веществ, но в нем содержатся отдельные элементы питания, вымытые из вышележащих горизонтов. С увеличением мощности В2 можно делать прогнозы по миграции питательных веществ и водно-физическим свойствам. Как показали наши исследования, в среднем мощность горизонта В2 собственно серой лесной почвы составляет 57 см. В выборке данный показатель варьирует от 40 до 75 см. Величина дисперсии ($\sigma^2=72$) и стандартное отклонение ($s=8,5$) указывают на большой разброс значений относительно среднего. Коэффициент вариации достигает 15 %. Столь сильный размах значений обуславливает существенные различия свойств собственно серых лесных почв в Северном За-

уралье. Поэтому при работе на таких почвах требуется индивидуальный подход.

Отличительной особенностью собственно серой лесной почвы от подтипа светло-серых лесных почв является наличие иллювиально-карбонатного горизонта (Вк). По наличию этого горизонта в почвенном профиле, а также его мощности можно прогнозировать кислотность пахотного горизонта. Мощность Вк довольно значительна – в среднем она составляет 58 см, варьируя от 52 до 67 см. Необходимо отметить очень низкий коэффициент вариации – 6 %.

Предлагаемая формула почвенного профиля собственно-серой лесной почвы Северного Зауралья выглядит следующим образом:

A0 (5 см) – A1 (18±2,7) – A1A2 (9±2,0) – B1 (35±1,6) – B2 (57±8,5) – Вк (58±3,4) – С.

Таблица 1

Статистические характеристики мощности генетических горизонтов серых лесных почв Северного Зауралья

Горизонт	m	Med	Mo	s	σ^2	Ex	A	max-min	min	max	CV
Светло-серая (n=96)											
A1	16	16	16	2,3	5	-1,1	0,0	8	12	20	15
A1A2	11	11	9	2,3	5	-0,9	0,2	10	7	17	20
B1	23	24	25	2,1	4	-1,0	-0,1	7	20	27	9
B2	57	56	54	7,3	53	-1,2	0,1	25	45	70	13
BC	62	62	56	6,6	44	-1,1	0,2	23	52	75	11
Собственно серая (n=111)											
A1	18	18	21	2,7	7	-1,4	0,0	8	14	22	15
A1A2	9	9	9	2,0	4	-1,0	-0,1	7	5	12	23
B1	35	35	36	1,6	3	-1,2	-0,2	5	32	37	5
B2	57	57	62	8,5	72	-0,8	-0,2	35	40	75	15
Вк	58	57	56	3,4	12	-0,8	0,3	15	52	67	6
Темно-серая (n=123)											
A1	32	33	35	3,6	13	-0,5	-0,5	16	22	38	11
B1	23	23	22	3,1	9	1,0	0,7	17	18	35	13
B2	53	53	37	12,3	152	-1,2	0,1	42	33	75	23
Вк	42	42	31	7,5	56	-1,2	0,2	27	30	57	18

Здесь и далее: m – средние значения, см; Med – медиана, см; Mo – мода, см; s – стандартное отклонение см; σ^2 – дисперсия выборки; Ex – эксцесс; A – коэффициент асимметрии; min – минимум, см; max – максимум, см; CV – коэффициент вариации, %.

Темно-серые лесные почвы Северного Зауралья наиболее изучены, поскольку они наряду с черноземами активно используются в сельском хозяйстве. В настоящее время найти целинные участки довольно сложно из-за высокой степени распашки. По своим морфологическим свойствам

они схожи с черноземами. Мощность гумусово-элювиального горизонта (A1) составляет в среднем 32 см, при этом максимальное значение достигает 38 см, а минимальное – 22 см. Коэффициент асимметрии указывает на наличие «левого» хвоста, то есть более половины значений в вы-

борке выше среднего. Вариабельность средняя, поскольку коэффициент вариации равен 11 %. Это дает возможность формирования полноценного пахотного горизонта без припашки малоплодородных слоев. Формирование довольно мощного гумусового горизонта, который в большинстве случаев не уступает черноземам Северного Зауралья, обусловлено тем, что основные площади темно-серых лесных почв сосредоточены в лесостепной зоне, где климатические условия наиболее благоприятны для развития травянистой растительности. Полевые изучения показали, что плотность древостоя на темно-серых лесных почвах очень низкая, и леса постепенно уступают место травам. Причиной этого является как природный, так и антропогенный фактор.

Анализ выборки почвенных разрезов показал, что в темно-серых лесных почвах Северного Зауралья элювиальный горизонт (A1A2) не встречается. Признаки оподзоливания, выраженные в виде кремнеземистой присыпки, отмечены только на отдельных разрезах. Однако довольно часто встречаются следы осолодения, часто принимаемые за процесс оподзоливания.

Мощность горизонта B1 у темно-серых лесных почв в среднем составляет 23 см, минимальное значение 18 см, а максимальное 35 см. Коэффициент эксцесса положителен, что указывает на распределение ближе к островершинному, то есть большинство значений в выборке близки к среднему. Стандартное отклонение, равное 3,1 см, также говорит о незначительном размахе значений относительно среднего. Коэффициент асимметрии ($A=0,7$) показывает, что имеется небольшой «правый хвост», то есть больше половины значений выборки ниже среднего. Вариабельность мощности горизонта B1 средняя (CV равен 13 %).

Мощность горизонта B2 у темно-серых почв в среднем равна 53 см, это меньше, чем у светло-серых и собственно серых лесных почв. Стандартное отклонение составляет 12,3 см, что говорит о значительном разбросе значений относительно среднего. Коэффициент вариации, равный 23 %, указывает на высокую изменчивость мощности горизонта B2 у данного типа почв. Толщина B2 варьирует от 33 до 75 см, что является причиной столь существенных различий плодородия темно-серых лесных почв Северного Зауралья [15].

Мощность карбонатного горизонта (Bк) у темно-серого подтипа почв ниже, чем у серых, в среднем она достигает 42 см, изменяясь в пределах от 30 до 57 см. Однако значения в выборке рассеяны относительно среднего, коэффициент вариации составил 18 %. Несмотря на меньшую мощность иллювиально-карбонатного горизонта, это не отражается на буферной способности темно-серых лесных почв, поскольку они имеют дополнительный запас карбоната кальция в верхней части почвообразующей породы.

Таким образом, на основании анализа 123 почвенных разрезов предлагается следующая формула почвенного профиля темно-серой лесной почвы Северного Зауралья:

Ад (5 см) – A1 ($32\pm 3,6$) – B1 ($23\pm 3,1$) – B2 ($53\pm 12,3$) – Bк ($42\pm 7,5$) – Ск.

Для оценки потенциального плодородия почв и прогнозирования их свойств необходимо иметь данные по нижним границам почвенных горизонтов. Особенно это касается гумусового слоя и линии вскипания. Нижняя граница гумусово-элювиального горизонта (A1) светло-серых лесных почв в среднем по выборке равна 19 см, однако диапазон значений достаточно велик: от 13 до 24 см (табл. 2). Распределение симметричное, ближе к нормальному. Вариабельность средняя, поскольку коэффициент вариации равен 14 %. Нижняя граница горизонта A1A2 у светло-серых лесных почв в среднем равна 30 см, максимум достигает уровня 38 см. Стандартное отклонение от среднего не велико и составляет 3,4 см. Вариабельность средняя ($CV=11$ %). Нижняя граница горизонта B1 в среднем проходит на глубине 53 см. Изменчивость данного показателя по выборке не велика (коэффициент вариации равен 8 %). Распределение ближе к нормальному. Нижняя граница горизонта B2 равняется в среднем по исследуемой выборке 111 см. Стандартное отклонение от среднего не велико и составляет 7,3 см, вариабельность низкая ($CV=7$ %). Нижняя граница горизонта BС светло-серых лесных почв в среднем по выборке имеет значение 173 см. Однако медиана, равная 175 см, указывает на то, что больше половины значений в выборке выше среднего. Вариабельность нижней границы рассматриваемого горизонта не велика. Коэффициент вариации составляет 6 %.

Статистические характеристики нижней границы генетических горизонтов серых лесных почв Северного Зауралья

Горизонт	m	Med	Mo	s	σ^2	Ex	A	max-min	min	max	CV
Светло-серая (n=96)											
A1	19	19	20	2,6	7	-0,5	0,0	11	13	24	14
A1A2	30	30	31	3,4	12	-0,5	0,1	15	23	38	11
B1	53	53	53	4,1	17	-0,2	0,3	21	44	65	8
B2	111	112	106	7,3	53	-0,7	-0,3	30	94	124	7
BC	173	175	184	10,0	101	-0,5	-0,3	48	147	195	6
Собственно серая (n=111)											
A1	21	21	24	3,1	10	-1,1	-0,1	12	15	27	15
A1A2	30	30	29	3,8	14	-0,7	-0,1	17	21	38	13
B1	64	65	65	4,0	16	-0,7	0,0	18	56	74	6
B2	121	121	132	9,4	87	-0,8	0,0	38	102	140	8
Вк	179	178	182	10,3	106	-0,5	0,1	49	157	206	6
Темно-серая (n=123)											
A1	35	36	36	3,8	14	-0,7	-0,3	18	25	43	11
B1	58	59	59	4,4	20	-0,3	0,0	20	49	69	8
B2	111	113	117	13,4	179	-1,0	0,0	55	85	140	12
Вк	153	153	176	14,8	220	-0,9	-0,1	61	120	181	10

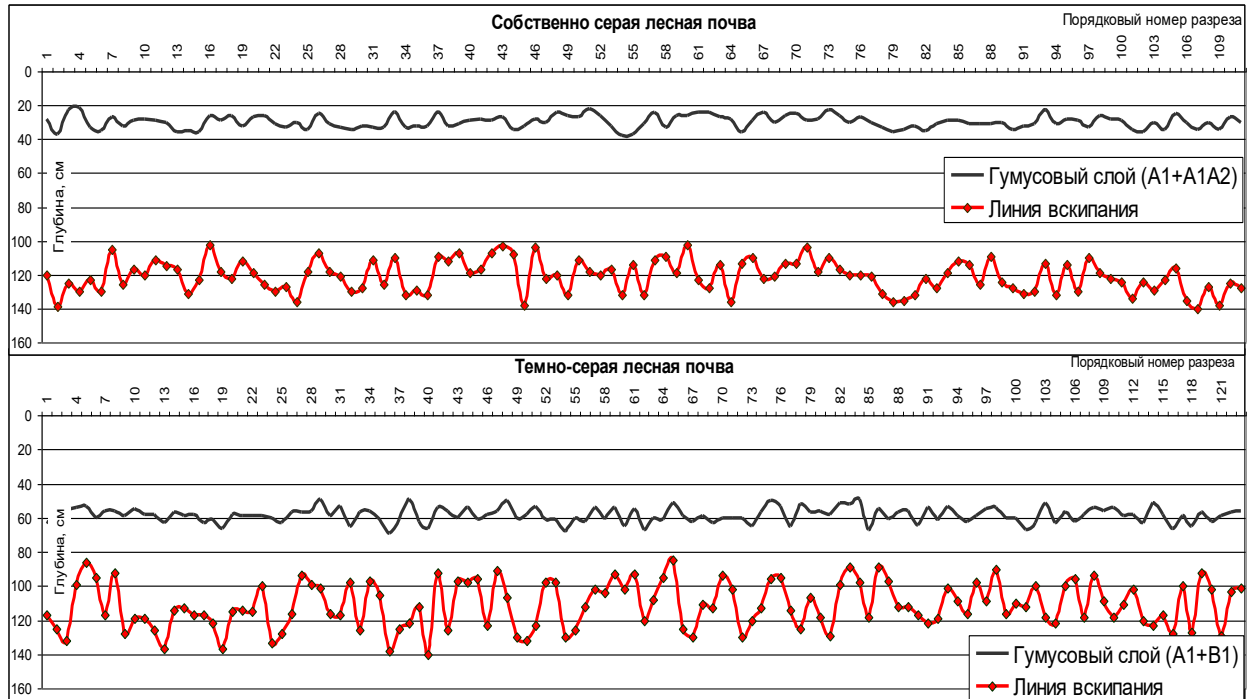
Среднее значение нижней границы гумусово-элювиального горизонта у собственно серой лесной почвы составило 21 см, размах вариации равен 12 см. Наблюдается незначительная асимметрия. Коэффициент эксцесса отрицателен, его модуль превышает единицу, что указывает на плосковершинное распределение. Уровень вариабельности средний (коэффициент вариации 15 %). Нижняя граница горизонта A1A2 варьирует в диапазоне от 21 до 38 см, в среднем составляет 30 см. По этому показателю два подтипа почв (светло-серые и собственно серые) похожи между собой. Вариабельность нижней границы горизонта A1A2 у серых лесных почв средняя, на что указывает коэффициент вариации, равный 13 %. Горизонт B1 находится ниже, чем у светло-серых почв, в среднем по выборке его нижняя граница проходит на глубине 64 см. Стандартное отклонение составляет 4 см, вариабельность незначительна. Нижняя граница горизонта B2 располагается на глубине от 102 до 140 см, в среднем составляет 121 см. Распределение симметричное, значения немного рассеяны относительно среднего. Вариабельность невысока (коэффициент вариации равен 8 %). Нижняя граница карбонатного горизонта Вк достигает в среднем 179 см у собственно серых

лесных почв. Стандартное отклонение равно 10,3 см, что указывает на незначительный разброс значений в выборке относительно среднего. Коэффициент вариации равен 6 %, что свидетельствует о низкой изменчивости.

Нижняя граница горизонта A1 темно-серых почв имеет максимальную глубину 43 см, минимальную 25 см, а в среднем по исследуемой выборке 35 см. Коэффициент асимметрии показывает, что в выборке выше среднего более половины значений нижней границы гумусово-элювиального горизонта. Стандартное отклонение не велико и составляет 3,8 см. Коэффициент вариации равен 11 %, что указывает на среднюю вариабельность показателя. Горизонт B1 в среднем достигает глубины 58 см. Коэффициенты эксцесса и асимметрии показывают, что распределение значений в выборке ближе к нормальному. Уровень изменчивости показателя небольшой (значение коэффициента вариации составляет 8 %). Горизонт B2 заканчивается на глубине 111 см при размахе вариации 55 см. Распределение симметричное, плосковершинное. Коэффициент вариации равен 12 %, что соответствует среднему уровню изменчивости. Почвообразовательный процесс темно-серых лесных почв охватывает в среднем 153 см поч-

венной толщи, что соответствует нижней границе иллювиально-карбонатного горизонта. Стандартное отклонение нижней границы горизонта

Вк равно 14,8 см, это говорит о небольшом разбросе значений относительно среднего. Уровень варибельности средний (CV=10 %).



Нижние границы гумусового слоя и линии вскипания собственно серых и темно-серых лесных почв Северного Зауралья

Наиболее перспективными для расширения пахотного фонда Западной Сибири являются собственно серые и темно-серые лесные почвы [16]. В этих подтипах хорошо выражен гумусовый слой, состоящий из двух генетических горизонтов, поэтому при формировании пахотного слоя мощностью 30–32 см не происходит припашки неплодородного элювиального горизонта. Однако в Северном Зауралье встречаются участки собственно серых лесных почв, у которых гумусовый слой менее 30 см. Для наглядности мы представили на рисунке варьирование нижней границы гумусового слоя (A1+A1A2). Поэтому при разработке адаптивно-ландшафтной системы земледелия на территории, где встречается этот подтип серой лесной почвы, необходимо учитывать варьирование мощности гумусового слоя в диапазоне от 20 до 40 см.

Темно-серая лесная почва характеризуется мощностью гумусового слоя (A1+B1) в диапазоне 49–69 см, что позволяет создать единую для региона систему основной обработки почв с формированием полноценного горизонта.

Наиболее важным при формировании химических и агрофизических свойств почв является линия вскипания, которая разграничивает иллювиальный и карбонатный горизонты. Оптимальная глубина залегания карбонатов совпадает с нижней границей гумусового слоя. Как видно из рисунка, в собственно серых и темно-серых лесных почвах между гумусовым слоем и иллювиально-карбонатным горизонтом находится довольно значительный промежуток. Также необходимо обратить внимание на существенное варьирование глубины залегания линии вскипания в Северном Зауралье. Это объясняет столь большой размах значений химических свойств серых лесных почв, особенно это касается кислотности-щелочности характеристики. Нижняя граница горизонта B2 варьирует от 85 до 140 см, и столь серьезные отклонения могут встречаться не только в пределах одного района, но и одного землепользования. Это может стать объяснением пространственной неоднородности плодородия на одном или соседних полях в хозяйствах Северного Зауралья.

Заключение. В результате анализа выборки результатов описания 330 почвенных разрезов предлагаются следующие формулы профиля серых лесных почв:

Светло-серая – А0 (3 см) – А1 (16±2,3) – А1А2 (11±2,3) – В1 (23±2,1) – В2 (57±7,3) – Вк (62±6,6) – С.

Собственно серая – А0 (5 см) – А1 (18±2,7) – А1А2 (9±2,0) – В1 (35±1,6) – В2 (57±8,5) – Вк (58±3,4) – С.

Темно-серая – Ад (5 см) – А1 (32±3,6) – В1 (23±3,1) – В2 (53±12,3) – Вк (42±7,5) – Ск.

При разработке системы обработки почвы необходимо учитывать, что мощность гумусового слоя светло-серых лесных почв варьирует в пределах от 12 до 20 см, собственно серых – от 20 до 40 см и темно-серых – от 49 до 69 см.

Выявленное сильное варьирование глубины линии вскипания в собственно серых и темно-серых лесных почвах является региональной особенностью почвенного покрова Северного Зауралья и может быть объяснено пространственной неоднородности элементов плодородия данного подтипа почв.

Литература

1. *Kayugina S.M.* Assessment of Milk Production Competitiveness in Southern Areas of Tyumen Region / *Advances in Engineering Research*, vol. 151. DOI: 10.2991/AGROSMART-18.2018.60
2. *Каюгина С.М.* Ретроспективный анализ, современное состояние и перспективы развития молочнопродуктового комплекса юга Тюменской области // *Экономика и предпринимательство*. 2017. № 9-1 (86). С. 265–268.
3. *Любимова А.В., Тоболова Г.В., Еремин Д.И.* [и др.]. Динамика генетического разнообразия сортов овса в Тюменской области по авенин-кодирующим локусам // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020. Т. 24. № 2. С. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
4. *Loginov Y.P., Kazak A.A., Yakubyshina L.I.* The yield rate and quality of tubers of early ripening potato varieties in the conditions of organic agriculture of the Tyumen region // *Annals of Agri Bio Research*, 2019, vol. 24(1), pp. 76-81. DOI: EID: 2-s2.0-85071655469.
5. *Любимова А.В., Ярова Э.Т., Еремин Д.И.* Изменение биотипного состава сортов яровой тритикале в процессе возделывания // *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 5 (140). С. 3–8.
6. *Якобчук Л.И., Еремина Д.В., Еремин М.Д.* Создание искусственного почвогрунта с использованием оптимизационной модели плодородия черноземных почв // *АПК России*. 2017. Т. 24. № 2. С. 360–365.
7. *Еремина Д.В., Чекареева М.Н., Фисунов Н.В.* Экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы при различных системах основной и предпосевной обработки почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2013. № 2. С. 5–9.
8. *Ренев Е.П., Еремин Д.И., Еремина Д.В.* Оценка основных показателей плодородия почв, наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. № 4. С. 27–31.
9. *Шпедт А.А., Ямских Г.Ю., Малашенко О.А.* Генезис второго гумусового горизонта в серых лесных почвах Красноярской лесостепи // *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2015. № 1-4 (61). С. 81–86.
10. *Каретин Л.Н.* Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 286 с.
11. *Еремин Д.И.* Особенности морфогенетических свойств серых лесных почв юга Тюменской области // *Вестник Курганской ГСХА*. 2017. № 3 (23). С. 8–11.
12. *Kastornova M.* Revisited Formation of Morphological Features of Gray Forest Soils of West Siberia / *Advances in Engineering Research*, vol.151. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.59.
13. *Шапорина Н.А., Чичулин А.В., Чумбаев А.С.* Пространственная вариабельность водно-физических свойств темно-серой лесной почвы в условиях Предсалаирья // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 10. С.144–149.
14. *Сорокина О.А.* Оценка трансформации плодородия серых почв по степени гумусированности // *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 3. С. 240–246.
15. *Котченко С.Г., Абрамов Н.В.* Мониторинг состояния плодородия почв Тюменской области // *Мир инноваций*. 2015. № 1-4. С. 100–106.

16. *Сорокина О.А.* Оценка пространственного варьирования показателей плодородия серых почв лесостепной зоны Красноярского края // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы XIV междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2016. С. 172–175.

Literatura

1. *Kajugina S.M.* Assessment of Milk Production Competitiveness in Southern Areas of Tjumen Region / *Advances in Engineering Research*, vol. 151. DOI: 10.2991/AGROSMART-18.2018.60
2. *Kajugina S.M.* Retrospektivnyj analiz, sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija molochnoproduktovogo kompleksa juga Tjumenskoj oblasti // *Jekonomika i predprinimatel'stvo*. 2017. № 9-1 (86). S. 265–268.
3. *Ljubimova A.V., Tobolova G.V., Eremin D.I.* [i dr.]. Dinamika geneticheskogo raznoobrazija sortov ovsy v Tjumenskoj oblasti po aveninkodirujushhim lokusam // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2020. T. 24. № 2. S. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
4. *Loginov Y.P., Kazak A.A., Jakubysina L.I.* The yield rate and quality of tubers of early ripening potato varieties in the conditions of organic agriculture of the Tjumen region // *Annals of Agri Bio Research*, 2019, vol. 24(1), pp. 76-81. DOI: EID: 2-s2.0-85071655469.
5. *Ljubimova A.V., Jarova Je.T., Eremin D.I.* Izmenenie biotipnogo sostava sortov jarovoj tritikale v processe vozdeľyvanija // *Vestnik KrasGAU*. 2018. № 5 (140). S. 3–8.
6. *Jakobjuk L.I., Eremina D.V., Eremin M.D.* Sozdanie iskusstvennogo pochvogrunta s ispol'zovanie optimizacionnoj modeli plodorodija chernozemnyh pochv // *APK Rossii*. 2017. T. 24. № 2. S. 360–365.
7. *Eremina D.V., Chekmareva M.N., Fisunov N.V.* Jekonomicheskaja jeffektivnost' vyrashhivaniya ozimoy pshenicy pri razlichnyh sistemah osnovnoj i predposevnoj obrabotki pochvy // *Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki*. 2013. № 2. S. 5–9.
8. *Renev E.P., Eremin D.I., Eremina D.V.* Ocenka osnovnyh pokazatelej plodorodija pochv, naibolee prigodnyh dlja rasshirenija pahotnyh ugodij v Tjumenskoj oblasti // *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2017. T. 31. № 4. S. 27–31.
9. *Shpedt A.A., Jamskih G.Ju., Malashenko O.A.* Genezis vtorogo gumusovogo gorizonta v seryh lesnyh pochvah Krasnojarskoj lesostepi // *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. № 1-4 (61). S. 81–86.
10. *Karetin L.N.* Pochvy Tjumenskoj oblasti. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1990. 286 s.
11. *Eremin D.I.* Osobennosti morfogeneticheskikh svojstv seryh lesnyh pochv juga Tjumenskoj oblasti // *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2017. № 3 (23). S. 8–11.
12. *Kastornova M.* Revisited Formation of Morphological Features of Gray Forest Soils of Shhest Siberia / *Advances in Engineering Research*, vol.151. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.59.
13. *Shaporina N.A., Chichulin A.V., Chumbaev A.S.* Prostranstvennaja variabel'nost' vodno-fizicheskikh svojstv temno-seroj lesnoj pochvy v uslovijah Predsalair'ja // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2018. № 10. S.144–149.
14. *Sorokina O.A.* Ocenka transformacii plodorodija seryh pochv po stepeni gumusirovannosti // *Vestnik KrasGAU*. 2018. № 3. S. 240–246.
15. *Kotchenko S.G., Abramov N.V.* Monitoring sostojanija plodorodija pochv Tjumenskoj oblasti // *Mir innovacij*. 2015. № 1-4. S. 100–106.
16. *Sorokina O.A.* Ocenka prostranstvennogo var'irovanija pokazatelej plodorodija seryh pochv lesostepnoj zony Krasnojarskogo kraja // *Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitija: mat-ly HIV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Krasnojarsk*, 2016. S. 172–175.