

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.4

### СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*А.А. Валеева, А.Б. Александрова, Г.Ф. Копосов*

#### Аннотация

На базе имеющихся на настоящее время фактических данных кафедры почвоведения Казанского университета, Республиканского кадастрового центра «Земля» и данных, опубликованных в открытой печати, описаны особенности строения, состава и свойств серых лесных почв Республики Татарстан. На основе данных, полученных с помощью стандартных статистических методов, создан виртуальный образ (эталон) серых почв под естественным ландшафтом и агросерых длительно используемых пахотных почв. Виртуальный образ можно использовать в качестве стандарта для изучения изменений почв и для идентификации соответствующих почв в природных условиях.

**Ключевые слова:** серые почвы, темно-серые почвы, агросерые почвы, агротемно-серые почвы, виртуальный образ, эталон, классификация 2004.

---

#### Введение

Почва является как объектом сельскохозяйственного производства, так и природным объектом, от состояния которого сильно зависит качество продуктов питания и окружающей среды.

Большая часть территории Республики Татарстан (РТ) входит в лесостепную зону, и лишь ее северные районы располагаются в лесной зоне. Зональными типами почвенного покрова являются черноземы и серые лесные почвы. Серые и темно-серые лесные почвы, занимающие 37.1% площади РТ, широко распространены в Предкамье, северных районах Предволжья, на северо-востоке и в центре Закамья.

Природные ландшафты республики за последнее столетие претерпели значительную трансформацию. Лесистость территории снизилась почти в 2.5 раза. Значительная часть бывших лесных почв распахана. В настоящее время практически все почвы находятся в сфере интенсивного влияния человека: техногенного, сельскохозяйственного, рекреационного и пр. Лесопокрытая площадь сократилась до 17.2%. На конец 90-х годов XX в. практически вся непокрытая лесом площадь находилась в пользовании сельскохозяйственных производителей. Уровень распаханности сельхозугодий по республике составлял в среднем 77%, а в ряде районов зон Предкамья и Закамья этот показатель достигал 83–86% (Алексеевский, Арский, Балтасинский, Новошешминский, Сабинский, Сармановский, Чистопольский) [1].

В настоящее время РТ является одной из самых аграрно-освоенных территориально-административных единиц Поволжья. В связи с этим чрезвычайно актуальными становятся инвентаризация, создание объективных образцов – эталонов (виртуальных образов) серых лесных почв, выбор контрольных объектов, репрезентативно их представляющих.

### 1. Методика исследования

На основании подходов, изложенных в работе Г.Ф. Копосова [2], путем обобщения фондовых материалов кафедры почвоведения Казанского университета, Республиканского кадастрового центра «Земля» и данных, опубликованных в открытой печати, разрабатывалась формализованная характеристика основных таксонов серых лесных почв. Обработка материалов проводилась с помощью программ StatGraphics Plus, Statistica 8.0.

Был создан компьютерный банк данных серых лесных почв (естественных и пахотных отдельно), систематизированных согласно классификации 1977 [3]. Выборка комплектовалась пропорционально числу представителей площади отдельных элементов в составе общего ареала этих видовых представителей по отдельным административным районам РТ (табл. 1). В состав выборки были включены также разрезы Республики Марий Эл, Чувашской Республики и Самарской области, входящими, как и Татарстан, в состав лесостепной зоны.

Общая (генеральная) выборка очищалась от выпадающих (случайных) представителей путем анализа противоречий в их свойствах применительно к каждому такому представителю. Очищенная от случайных представителей совокупность из 79 разрезов естественных и 147 разрезов пахотных почв служила основой для исследования ее стандартными статистическими методами.

Первым этапом анализа полученной совокупности почв являлось исследование их состава на предмет однородности по наиболее консервативному показателю, не меняющемуся в течение нескольких столетий, – гранулометрическому составу. Установлено, что она разделяется по содержанию физической глины (фракций < 0.01 мм) на две подвыборки (рис. 1). Естественные светло-серые и часть (половина) серых лесных почв были объединены в тип *серые* почвы, а темно-серые и другая часть серых лесных почв – в тип *темно-серые* почвы. Разделение совпало с систематическим положением серых лесных почв согласно классификации 2004 [4]. Соответствующим образом разделились пахотные почвы на типы *агросерые* и *агротемно-серые*.

На рис. 1 показано разделение генеральной выборки на две подвыборки: на естественные почвы – серые и темно-серые; аграрные почвы – агросерые и агро-темно-серые. На рис. 2 представлены результаты статистической верификации этого разделения методом главных компонент (ГК). Приведенные на рисунке данные подтверждают разделение генеральных подвыборок естественных и аграрных (пахотных) почв соответственно на серые и темно-серые и на агросерые и агро-темно-серые по первому фактору главной компоненты (фактор 1 – глина, ил, гумус).

Табл. 1

Количество разрезов серых лесных почв в составе общей (генеральной) выборки по административным районам РТ (шт.)

Муниципальный район	Естественные почвы			Пахотные почвы		
	Светло-серые	Серые	Темно-серые	Светло-серые	Серые	Темно-серые
Алексеевский				8		12
Алькеевский				2	6	
Альметьевский				2	3	5
Арский		1	1	5	2	
Балтасинский						2
Буинский	1	1	6			
Верхнеуслонский				7	6	5
Высокогорский				14	4	3
Дрожжановский				3	1	1
Елабужский				6	5	7
Заинский				4	9	20
Кайбицкий	4	10		12	3	2
Камско-Устьинский						2
Кукморский	1			4	3	
Лаишевский				3	2	1
Мамадышский				5	4	5
Муслюмовский					3	
Нижнекамский					2	
Новошешминский				1		
Нурлатский					4	
Пестречинский				2	1	1
Рыбно-Слободский				6	5	1
Сабинский		4	1	5	7	3
Тетюшский	1	1	5	2	4	
Тукаевский				3		4
Тюлячинский	3	3	7	3		3
Черемшанский					2	2
Чистопольский				4	1	
Республика Марий Эл	2	4				
Чувашская Республика	13	8	6			
Самарская область		1	1			
Итого:	25	33	27	101	77	79

Дополнительно была проведена проверка на наличие значимых различий консервативных (глина, ил) и динамических (гумус, емкость катионного обмена (ЕКО)) свойств почв. Параметрические подвыборки (содержание гумуса и емкости катионного обмена) были проверены по критерию Стьюдента ( $t$ -критерий,  $t$ -тест), а непараметрические (содержание глины и ила) – по критерию Краскела – Уоллиса.

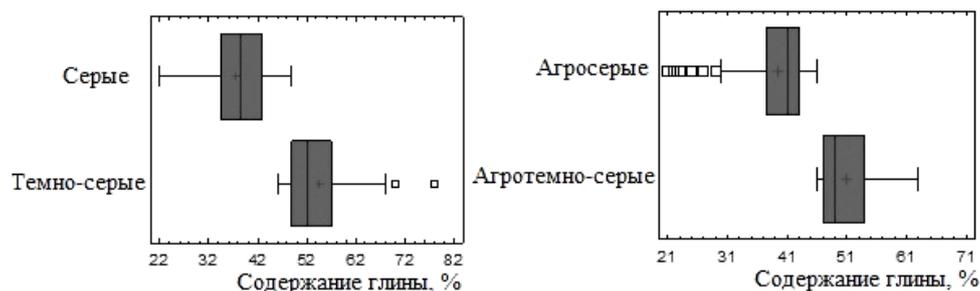


Рис. 1. Сравнение медиан подвыборок генеральной совокупности серых лесных почв по содержанию физической глины в гумусовом горизонте

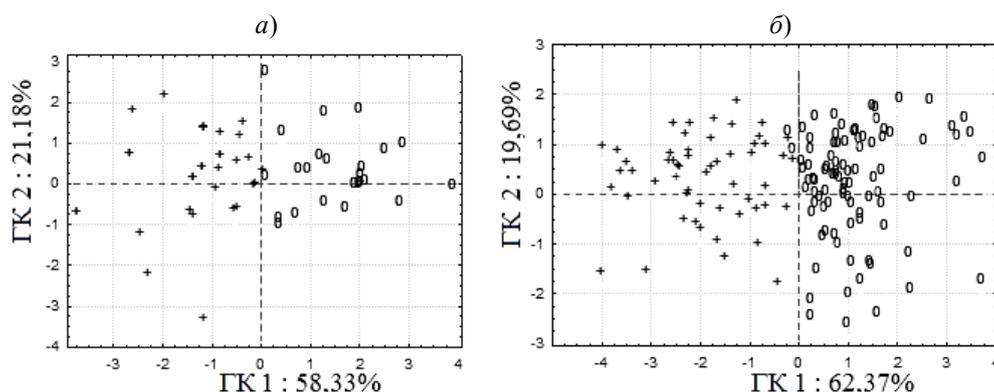


Рис. 2. Проекция наблюдений гумусового горизонта на факторную плоскость ГК1 (глина, ил, гумус) и ГК2 (рН солевой): а – естественные почвы, б – пахотные почвы. 0 – серые и агросерые; + – темно-серые и агротемно-серые почвы

Критерий Стьюдента требует первоначальной проверки на различие между дисперсиями (критерий Фишера, то есть  $F$ -тест):

$$F_{\text{гумус, ест почвы}} = 1.54, \text{ его } F_{\text{крит}} = 1.78;$$

$$F_{\text{гумус, пах почвы}} = 1.11, \text{ его } F_{\text{крит}} = 1.48.$$

Так как  $F < F_{\text{крит}}$ , дисперсии одинаковые.

$t$ -тест для одинаковых дисперсий:

$$t_{\text{гумус, ест почвы}} = 7.63, \text{ его } t_{\text{крит}} = 1.99;$$

$$t_{\text{гумус, пах почвы}} = 13.25, \text{ его } t_{\text{крит}} = 1.98.$$

Так как  $t > t_{\text{крит}}$ , различия между средними значениями существенны.

$$F_{\text{ЕКО, ест почвы}} = 0.51, \text{ его } F_{\text{крит}} = 0.49;$$

$$F_{\text{ЕКО, пах почвы}} = 2.04, \text{ его } F_{\text{крит}} = 1.51.$$

Так как  $F > F_{\text{крит}}$ , дисперсии разные.

$t$ -тест для разных дисперсий:

$$t_{\text{ЕКО, ест почвы}} = 4.46, \text{ его } t_{\text{крит}} = 2.02;$$

$$t_{\text{ЕКО, пах почвы}} = 11.27, \text{ его } t_{\text{крит}} = 1.99.$$

Так как  $t > t_{\text{крит}}$ , различия между средними значениями существенны.

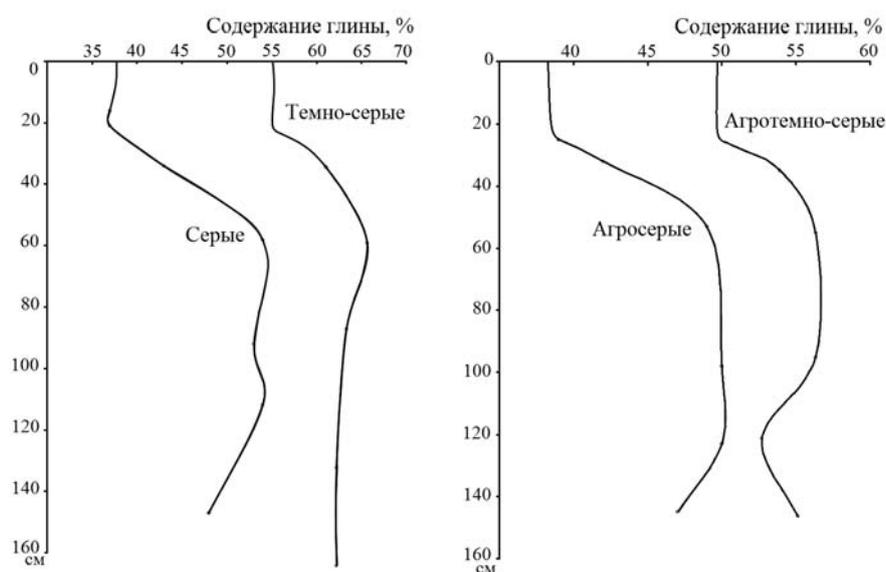


Рис. 3. Распределение физической глины (среднее содержание) по профилю серых и агросерых почв

Статистически значимые различия содержания глины и ила (уровень значимости 95%) подтвердились критерием Краскела – Уоллиса.

Таким образом, были созданы две подвыборки (серые и агросерые почвы) согласно классификации 2004, репрезентативно представляющие территорию всех административных районов зоны серых лесных почв РТ. Эти подвыборки исследовались стандартными методами описательной статистики.

### Результаты исследования

В формировании морфологических и физико-химических свойств почв главную роль играет гранулометрический состав. В его размерном диапазоне выделяются иловатые ( $< 0.001$  мм), пылеватые (0.25–0.001 мм) и песчаные (1–0.25 мм) частицы. Иловатые частицы являются составной частью частиц  $< 0.01$  мм (физической глины). В состав последних, кроме иловатых, входят также мелко- и среднepyлеватые частицы.

Содержание физической глины в гумусовом горизонте серых почв РТ колеблется в довольно широком диапазоне (от 21% до 78%). Серые и агросерые преимущественно средне- и тяжелосуглинистые, а темно-серые и агротемно-серые почвы глинистые. Это является причиной существенных различий в строении профилей серых и темно-серых почв. В профилях почв ярко выражено элювиально-иллювиальное распределение содержания физической глины (рис. 3). Наблюдается активный вынос ила из горизонтов А, АЕL, ВЕL и накопление его в иллювиальном горизонте ВТ. Такая же закономерность отмечается и для распределения физической глины [5].

На рис. 4 отражена зависимость содержания частиц  $< 0.001$  и  $< 0.01$  мм в гумусовом горизонте серых и агросерых почв. Множественным регрессионным анализом установлено, что они описываются уравнениями: серые и темно-серые

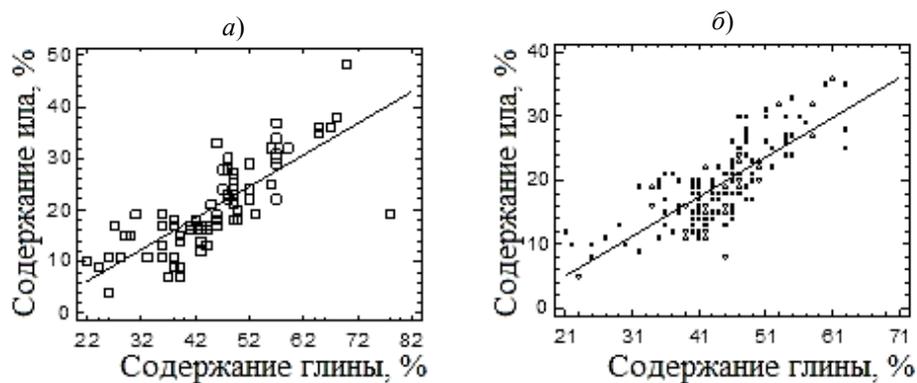


Рис. 4. Зависимость содержания ила от содержания физической глины: *а* – серые и темно-серые, *б* – агросерые и агротемно-серые почвы

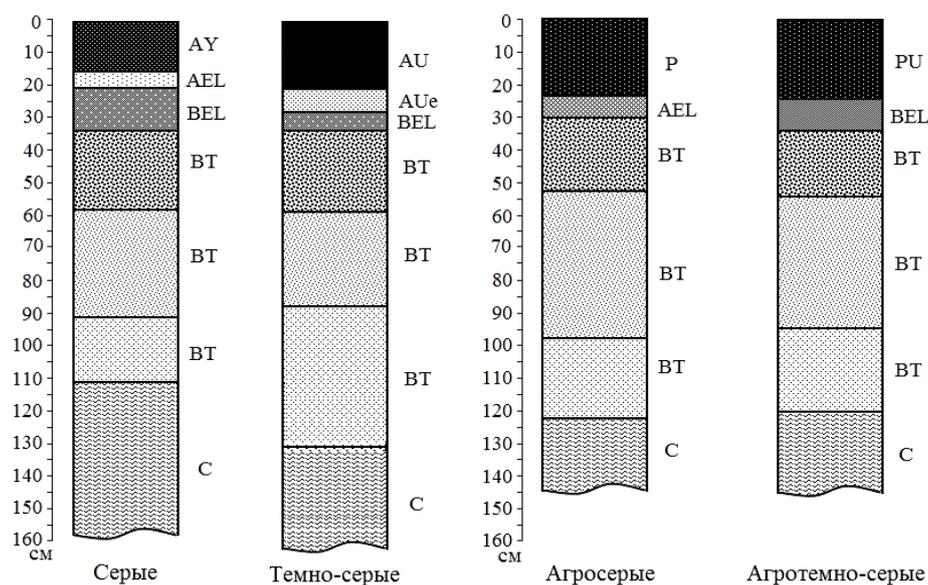


Рис. 5. Виртуальный образ (предполагаемое строение профиля) центральных типов серых, темно-серых и агросерых, агротемно-серых почв

$y = -7.38 + 0.61x$  с вероятностью свыше 99%; агросерые и агротемно-серые  $y = -7.81 + 0.62x$  с вероятностью свыше 99%, где  $y$  – содержание ила,  $x$  – содержание физической глины.

Морфологическое строение профиля является следствием действия совокупности процессов почвообразования и отражением внутренних свойств почв. Серые почвы имеют несколько отличное от темно-серых почв морфологическое строение. Гумусовый и оподзоленные переходные горизонты серых почв более светлые. Для оподзоленного горизонта характерна плитчато-ореховатая структура, более обильная белесая присыпка по всему профилю.

Профиль темно-серых почв отличается большей мощностью гумусового горизонта, более интенсивной его окраской, слабо выраженной белесой присыпкой, менее четкой дифференциацией профиля по элювиально-иллювиальному типу. Переходный горизонт AEL может отсутствовать [5].

Табл. 2

Статистические показатели строения морфологического профиля виртуального образа серых лесных почв

Горизонт профиля (нижняя граница)	<i>M</i>	min	max	$\sigma^2$	$\sigma$	<i>m</i>	<i>V</i>	<i>n</i>
Серые								
AУ (A1)	16	9	25	12.7	3.6	0.7	22.8	26
AEL (A1A2)	21	15	29	25.7	5.1	2.5	24.1	5
BEL (A2B)	34	23	45	31.5	5.6	1.6	16.6	13
BT (B1)	58	40	73	116.9	10.8	3.3	18.6	12
BT (B2)	92	70	126	315.0	17.7	5.6	19.3	11
BT (B3)	112	90	155	677.8	26.0	10.6	23.2	7
BC	119	76	175	2210.5	47.0	23.5	39.5	5
C	147	109	210	1199.5	34.6	11.0	23.6	11
Темно-серые								
AУ (A1)	22	16	37	34.6	5.9	1.3	26.7	21
AУе (A1A2)	28	20	41	53.1	7.3	3.0	26.0	7
BEL (AB)	34	26	48	41.1	6.4	1.9	18.8	12
BT (B1)	59	44	80	139.3	11.8	3.0	20.0	16
BT (B2)	87	68	116	265.7	16.3	4.2	18.7	16
BT (B3)	132	106	175	652.7	25.5	11.4	19.4	6
BC	147	99	210	1248.9	35.3	13.4	24.1	8
C	164	100	220	1413.0	37.6	10.0	22.9	15
Агросерые								
P (Ап)	25	17	32	9.0	3.0	0.3	12.1	92
AEL (A1A2)	32	26	41	13.3	3.6	0.6	11.4	39
BT (B1)	53	29	84	96.6	9.8	1.0	18.4	91
BT (B2)	98	65	131	208.0	14.4	1.6	14.7	87
BC	123	81	165	240.8	15.5	2.3	12.6	46
C	145	90	200	234.6	15.3	1.7	10.6	86
Агротемно-серые								
PU (Апах)	26	20	31	6.8	2.6	0.4	10.2	54
BEL (AB)	35	28	45	15.6	4.0	0.6	11.1	45
BT (B1)	55	40	101	128.0	11.3	1.6	20.7	52
BT (B2)	95	64	180	337.9	18.4	2.7	19.3	47
BC	121	98	152	156.1	12.5	2.3	10.3	31
C	146	100	210	277.6	16.7	2.4	11.4	51

На рис. 5 схематично представлены профили серых, темно-серых, агросерых и агротемно-серых почв, построенные с использованием показателей общей статистики, которые получены в результате соответствующей обработки генеральной совокупности по подтипам (табл. 2).

В основе разделения серых лесных почв на типы серых и темно-серых лежат не только различия в морфологическом строении, но и качественные и количественные различия их состава, и в частности в содержании гумуса. Статистический анализ двух подвыборок (серые и агросерые почвы) показал, что их проблематично относить к распределению, описываемому законом Гаусса. Дополнительные

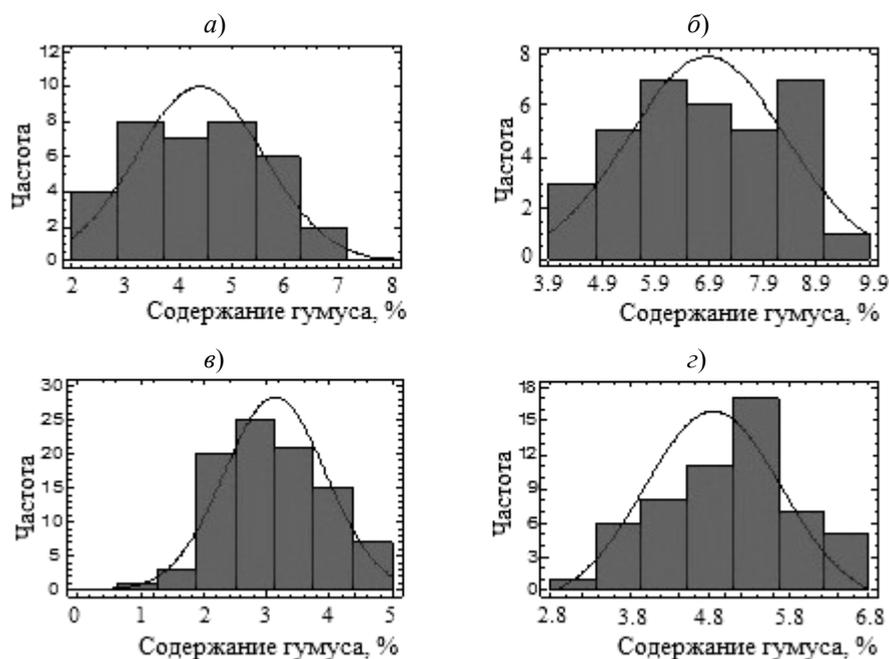


Рис. 6. Разделение серых и агросерых почв по содержанию гумуса в гумусовом горизонте из генеральной совокупности и первичная проверка на нормальность: а – серые, б – темно-серые, в – агросерые, з – агротемно-серые

проверки по критерию  $\chi^2$  и тесту Шапиро – Уилкса показали, что распределение серых и агросерых в заданном диапазоне колебаний содержания гумуса не может быть аппроксимировано кривой Гаусса – Лапласа. Одной из возможных причин этого является принадлежность исследуемой совокупности величин к нескольким выборкам. Согласно выделенным типам подвыборки (серые, темно-серые, агросерые, агротемно-серые) были проанализированы по содержанию гумуса в гумусовом горизонте. На рис. 6 представлены их частотные гистограммы и результаты первичной проверки на нормальность распределения с помощью построения графика выборочной функции распределения.

Как показывают графики, во всех выделенных подвыборках единичные значения величин практически лежат на линии пропорциональности, что указывает на большую вероятность аппроксимации их кривой Гаусса. Дополнительная проверка соответствующими тестами подтвердила 90%-ную и выше вероятность их принадлежности к нормальному распределению. На рис. 7 представлены результаты сравнения выборок методом Краскела – Уоллеса. Отмечается тенденция к достоверному обособлению почв по содержанию гумуса.

Среднее содержание гумуса в верхнем горизонте значительно различается в естественных и агропочвах. Гумус у серых почв в среднем составляет 4.4%, у темно-серых – 6.9%, его содержание постепенно уменьшается вниз по профилю (рис. 8). В этом отношении темно-серые почвы стоят ближе к черноземам и заметно отличаются от серых почв, для которых характерно более резкое падение содержания гумуса с глубиной.



Рис. 7. Графическое представление результатов сравнения медиан подвыборок серых и агросерых почв по содержанию гумуса в гумусовом горизонте

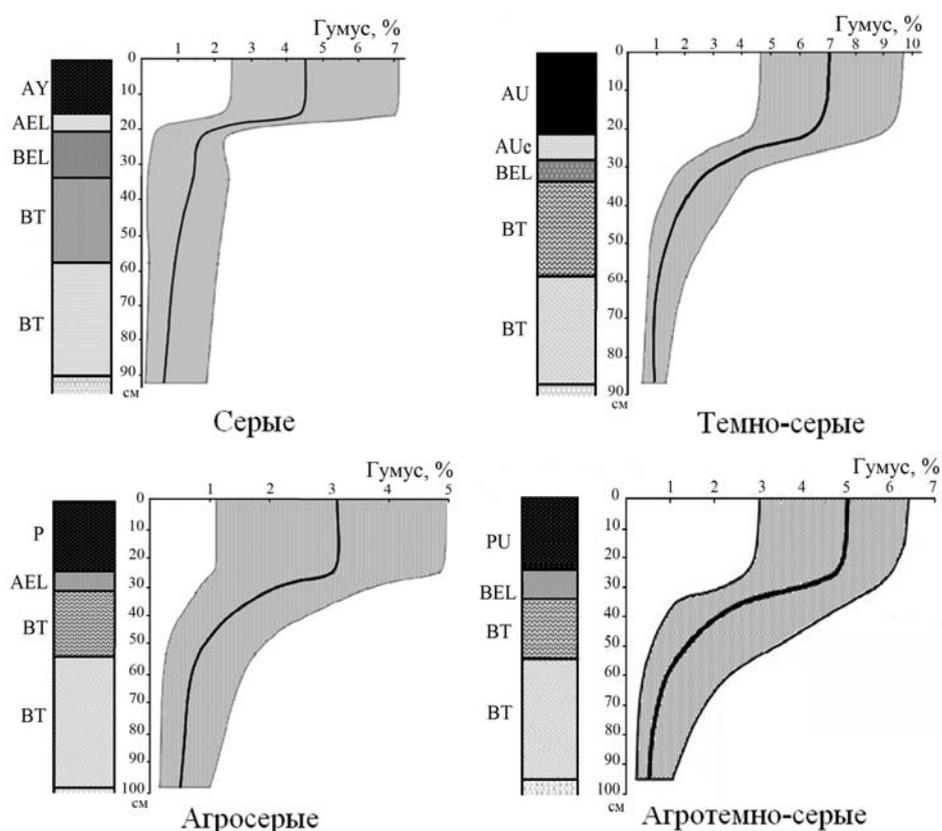


Рис. 8. Распределение гумуса в профиле серых лесных почв

Серые лесные почвы характеризуемого природного региона формируются на остаточных и перемещенных продуктах выветривания верхнепермских известковых пород, содержащих различающуюся по относительному количеству и гранулометрическому составу минеральную компоненту. Она, освобождаясь в процессе выветривания, определяет гранулометрический состав формирующихся на них почв. Относительное количество в ней частиц  $< 0.001$  мм находится в положительной связи с содержанием гумуса и величиной емкости обмена [2, 6].

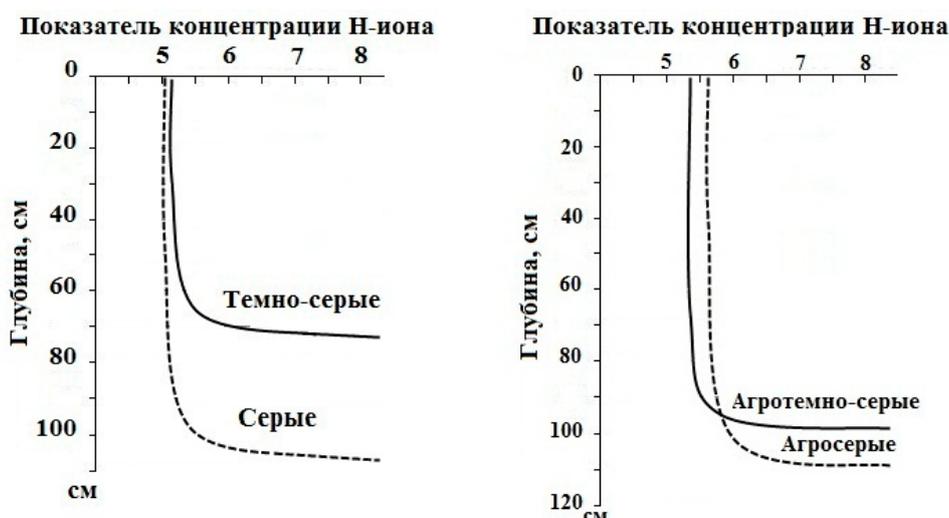


Рис. 9. Профильное изменение реакции среды серых и агросерых почв

Интенсивность выщелачивания профиля обуславливается преимущественно климатическими особенностями республики, а также литологией почвообразующего материала, в том числе исходным содержанием в нем карбонатов [2]. В серых лесных почвах, формирующихся при периодическом промывном типе водного режима, наблюдается выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов кальция и магния. Эти явления в них предшествуют лессивированию или происходят вместе с ним. Выносу солей содействует периодическое промачивание почвенно-грунтовой толщи на большую глубину. Вместе с почвенно-грунтовыми водами вымываются все легкорастворимые соли [7].

По нашим исследованиям, в серых и агросерых почвах карбонаты локализованы в профиле ниже 100 см. В агротемно-серых почвах его границы опущены на глубину 95 см, в темно-серых – 67 см (рис. 9).

Небольшая мощность выщелоченной толщи темно-серых почв объясняется тяжелым гранулометрическим составом, приуроченностью их к верхним частям пологих и очень пологих склонов преимущественно южной, юго-восточной, юго-западной экспозиций. Интенсивная инсоляция склонов обуславливает быстрое испарение влаги из почвенной толщи и меньшее проявление выщелачивания.

Степень выщелоченности карбонатов существенно влияет на насыщенность основаниями и емкость катионного обмена почв (ЕКО), которые являются прежде всего функцией гранулометрического состава. Углубленная проверка с использованием  $\chi^2$ , теста Колмогорова – Смирнова показала, что подвыборки по емкости катионного обмена (ЕКО) естественных и пахотных почв отвечают нормальному распределению с вероятностью 90% и выше (рис. 10). Выявлена сильная положительная корреляционная связь (по Пирсону) между ЕКО и илом для серых, темно-серых и агросерых, агротемно-серых почв. Множественным регрессионным анализом установлено, что зависимость ЕКО от ила описывается уравнениями  $y = 12.61 + 1.04x$  для естественных и  $y = 10.16 + 0.93x$  для пахотных почв.

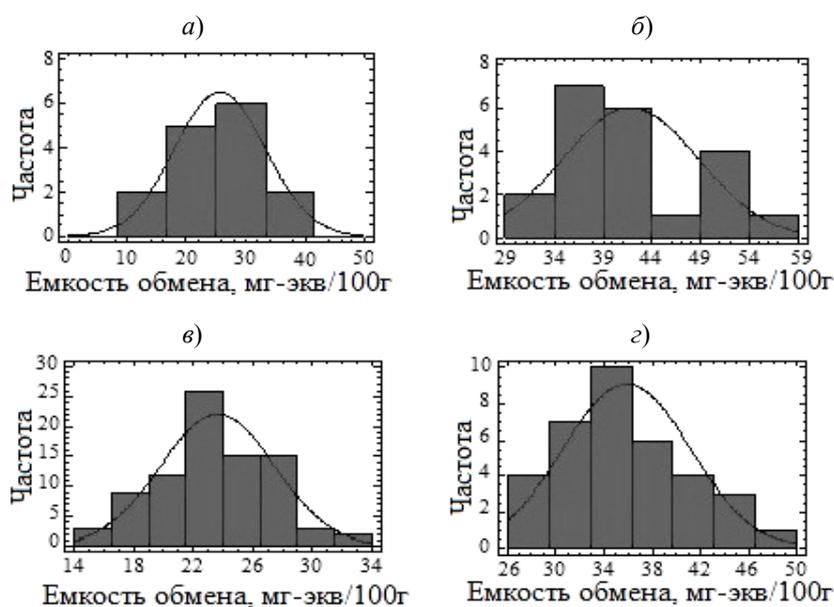


Рис. 10. Результаты тестирования выборки, использовавшейся для вычисления величины емкости обмена в гумусовых горизонтах серых и агросерых почв, на нормальность распределения: *а* – серые, *б* – темно-серые, *в* – агросеры, *г* – агротемно-серые

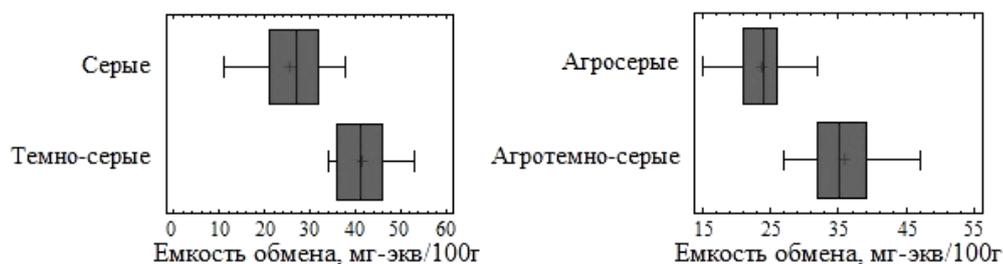


Рис. 11. Результаты проверки достоверности различий емкости обмена гумусового горизонта естественных (серых и темно-серых) и пахотных (агросерых и агротемно-серых) почв

Выявлена тенденция к обособлению серых и темно-серых, а также агросерых и агротемно-серых почв по ЕКО (рис. 11). Среднее значение ЕКО серых почв – 31 мг·экв. / 100 г, темно-серых – 42 мг·экв. / 100 г, агросерых – 24 мг·экв. / 100 г, агротемно-серых – 35 мг·экв. / 100 г.

### Заключение

Путем обобщения фондовых материалов кафедры почвоведения Казанского университета, фондовых данных Республиканского кадастрового центра «Земля» и данных, опубликованных в открытой печати, разработана формализованная характеристика основных таксонов серых лесных почв. Создан виртуальный образ серых лесных почв, формирующихся под естественными ландшафтами, и серых лесных почв, длительно находящихся под пашней. Данные эталоны (виртуальные образы) могут использоваться в качестве типового стандарта для этих

почв при мониторинговых исследованиях, а также служить основанием для идентификации соответствующих почв в природных условиях, в частности при нахождении эталонов Красной книги почв РТ. Виртуальные образы могут также являться основой для государственной оценки серых лесных почв.

### Summary

*A.A. Valeeva, A.B. Aleksandrova, G.F. Kopusov.* Gray Forest Soils of the Republic of Tatarstan.

This article describes features of structure, composition and properties of gray forest soils in the Republic of Tatarstan using currently available data of the Department of Soil Science at Kazan University and the Republican Cadastral Center "Zemlya" (The Land), as well as materials from public media. Based on the data obtained using standard statistical methods, a virtual image (reference) of gray soils under natural landscape and durable agrogray arable soils was created. The virtual image can serve as a standard for studying soil changes and to identify corresponding soils in natural conditions.

**Key words:** gray soils, dark gray soils, agrogray soils, agro-dark-gray soils, virtual image, reference, soil classification of 2004.

### Литература

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды РТ в 2009 году. – Казань: Фолиант, 2010. – 468 с.
2. *Копосов Г.Ф., Бакиров Н.Б.* Черноземы Республики Татарстан. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2004. – 108 с.
3. *Егоров В.В.* Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 221 с.
4. *Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. *Ковда В.А., Розанова Б.Г.* Почвоведение. Ч. 2. Типы почв, их география и использование. – М.: Высш. шк., 1988. – 368 с.
6. *Колоскова А.В.* Агрофизическая характеристика почв Татари. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. – 388 с.
7. *Александровский А.Л., Александровская Е.И.* Эволюция почв и географическая среда. – М.: Наука, 2005. – 223с.

Поступила в редакцию  
21.03.11

---

**Валеева Альбина Альбертовна** – аспирант кафедры почвоведения Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: [casperabc@mail.ru](mailto:casperabc@mail.ru)

**Александрова Асель Биляловна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань.

E-mail: [adabl@mail.ru](mailto:adabl@mail.ru)

**Копосов Геннадий Федорович** – доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: [gkoposov@yandex.ru](mailto:gkoposov@yandex.ru)