

УДК 631.43

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ГОРОДА СИБАЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН¹

© 2022 г. Я. Т. Суюндуков^{a, b, *}, М. Б. Суюндукова^a, О. С. Безуглова^c, И. К. Хабилов^d,
Р. Ф. Хасанова^{a, b}, И. Н. Семенова^{a, b}, Ю. С. Рафикова^a, Г. Р. Ильбулова^{a, b}

^aИнститут стратегических исследований Республики Башкортостан,
ул. Кирова, 15, Уфа, 450008 Россия

^bСибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета,
ул. Белова, 21, Сибай, 453830 Россия

^cЮжный федеральный университет, ул. Стачки, 194/1, Ростов-на-Дону, 344090 Россия

^dБашкирский государственный аграрный университет,
ул. Октябрьской революции, 34, Уфа, 450000 Россия

*e-mail: rezeda78@mail.ru

Поступила в редакцию 12.02.2021 г.

После доработки 25.05.2021 г.

Принята к публикации 31.05.2021 г.

Представлены результаты исследования свойств городских почв, расположенных в горнорудном регионе Республики Башкортостан. Особенностью изученной территории является значительное распространение почв с сильной и очень сильной физической деградацией, а также погребенных под отвалами горных пород, и реплантоземов на рекультивированных участках. Вместе с тем традиционный уклад жизни населения обуславливает наличие в пределах г. Сибай территорий, занятых огородами и садами, на которых формируются почвы типа культуроземов (агрочерноземов, Hortic Anthrosols), оказывающие в целом положительное влияние на почвенный покров города путем увеличения площади “здоровых” почв. Приведено описание разрезов ряда городских почв, сгруппированных в следующие основные категории: естественные, антропогенно-поверхностно-преобразованные и антропогенно-глубокопреобразованные. Разнообразие рассмотренных почв обусловлено типом функционального использования земель, который определяет характер антропогенного воздействия. Выявлена средняя степень деградированности экранозема погребенного по мощности и плотности гумусово-аккумулятивного (A + AB) горизонта и слабая – пахотного агрочернозема по плотности, что сопровождается ухудшением структурно-агрегатного состояния и сокращением пористости почв. В агрочерноземах огородных отмечено существенное увеличение мощности и улучшение структурного состояния гумусово-аккумулятивного горизонта.

Ключевые слова: городские почвы, физическая деградация, урбиковый горизонт, урбанозем, экранозем, урботехнозем, культурозем, Hortic Anthrosols

DOI: 10.31857/S0032180X22010129

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап формирования почвенного покрова во многом определяется характером и направленностью деятельности человека [9]. В особенности это относится к урбанизированным территориям с преимущественно отрицательными изменениями, приводящими, как правило, к деградации объектов естественной природы. При этом зона влияния города на почвы существенно превышает границы населенного пункта и охватывает обширные пространства окрестностей во-

круг него. Урбанизация приводит к уменьшению экологической устойчивости территорий, что проявляется в усилении абиотичности системы и повышении уровня экологических рисков для окружающей среды [10, 20, 24, 42].

Мощным фактором развития городских почв и почвенного покрова промышленных районов является характер функционального использования земель [26, 35, 36, 41], влияние которого определяет направленность формирования и развитие значительного многообразия антропогенно-измененных почв [21].

В условиях промышленных зон городов практически полностью подавлены экологические функции почв, в том числе протекторная функ-

¹ К статье имеются дополнительные материалы, доступные для авторизованных пользователей по doi: 10.31857/S0032180X22010129.

ция [2, 16]. На землях других функциональных зон почвенный покров нарушен в различной степени, менее всего – на землях природно-рекреационной и природоохранной зон, однако нередко почвы подобных территорий также оказываются в значительной степени преобразованными [17, 40]. В зоне влияния промышленных предприятий и транспорта происходит химическое загрязнение почв, в том числе тяжелыми металлами [11, 14, 16, 18, 19]. Физическое состояние городских почв изучено недостаточно [31].

В этой связи при исследовании почвенного покрова урбанизированных территорий большое внимание следует уделять изучению их физических свойств, которые играют одну из решающих ролей в реализации основной функции почвы – плодородия и обеспечивающих основу устойчивого землепользования [2, 3, 39].

Физическая деградация почвы связана с существенными изменениями в профиле почв и значительным ухудшением их физических свойств [34, 38]. Такие изменения могут быть обусловлены как длительным и медленным протеканием и постепенным накоплением (суммированием) различных процессов деградации, достигающих уровня необратимых и доводящих почву до критического состояния, так и относительно быстрым полным или частичным разрушением, связанным с технологическими этапами горных работ, дорожных и градостроительных работ. В результате такого разрушения происходит уничтожение почвенного покрова [8].

По мнению ряда исследователей наиболее информативными показателями физического состояния почв являются плотность сложения и пористость [7, 13, 23, 33]. На урбанизированных территориях эти показатели в значительной степени зависят от таких антропогенных факторов, как разрушение и деформация структуры под давлением ходовых систем тяжелой техники, перемещение почвы с более плотными материалами (строительным мусором, нижележащим грунтом, горными породами). Значительное влияние также может оказать прокладывание дорог и тропинок [17]. Все это приводит к увеличению плотности, а зачастую – к переуплотнению верхних горизонтов почвы. Так, по данным Апарина с соавт. [1], плотность гумусового горизонта в городских почвах больше, чем в естественных: доля переуплотненных гумусовых горизонтов в городских почвах достигает 44%. Это приводит к ухудшению условий жизнедеятельности растений и почвенных организмов. Уплотнение и связанное с этим процессом сокращение пористости ухудшают фильтрационные свойства почвы, что приводит к увеличению поверхностного стока, усилению эрозионных процессов, резкому изменению водного режима территорий и т. д.

Важную роль в выполнении почвой основных экологических функций играют структура почвы и ее качество [27, 29]. Агрономически ценная (10–0.25 мм) и водоустойчивая (5–0.25 мм) структура обеспечивает оптимальные условия для корневых систем растений, почвенной микрофлоры, хорошей водопроницаемости, способствующей предотвращению развития водной и ветровой эрозии, накоплению и исключению непродуктивного испарения почвенной влаги. В городских экосистемах структурное состояние почв в значительной степени зависит от степени антропогенной нагрузки, вплоть до изменения морфологии структурных отдельностей городских почв [28].

При изучении процессов трансформации почвенного покрова региона с развитой горнорудной промышленностью следует рассматривать два основных направления его деградации: физическую и химическую.

Физическая деградация почв урбанизированных территорий изучалась преимущественно на примере крупных городов с многочисленными источниками загрязнения и физического разрушения почв, такими как промышленные предприятия, теплоэлектростанции, автомобильный и железнодорожный транспорт, промышленное и гражданское строительство, прокладка дорог и магистральных трубопроводов и др. [6, 21, 22, 28].

Значительно меньше исследований посвящено проблемам деградации почв малых и средних городов, где также функционируют крупные промышленные предприятия. Для таких городов характерны малоэтажные застройки, а также значительная площадь коллективных садов и районов с частным домовладением с приусадебными участками. В результате выращивания растениеводческой продукции и тщательного ухода за состоянием почвы в садах и огородах на этих землях под комплексным влиянием факторов окультуривания формируются так называемые культуроземы, для которых характерно наличие мощного гумусового горизонта или торфяно-перегнойно-компостных слоев [12]. Название для почв, имеющих мощный культурный слой, было предложено Строгановой, Агарковой [25]. Позже, адаптируя классификацию городских почв к системе, положенной в основу Классификации и диагностики почв России [32], авторы уточнили, что “если под пахотным горизонтом сохраняются какие-либо горизонты верхней части профиля, то почва классифицируется как агро-почва” [6, с. 55]. Применительно к почвенному покрову г. Сибай, где зональные почвы представлены черноземом обыкновенным (сегрегационным), это будут агрочерноземы сегрегационные. По международной классификации [37] почвы, имеющие диагностический горизонт Hortic – темный, с высоким содержанием

органического вещества и фосфора, с зоогенной переработкой, насыщенный основаниями, сформировавшийся в результате многолетнего использования с внесением удобрений и органических отходов, называются Anthrosols. В случае наличия менее мощного верхнего антропогенного горизонта почвы могут быть отнесены к соответствующему типу и подтипу с добавлением квалификатора, указывающего на генезис поверхностного горизонта. В данном случае это *Naptic Chernozems (Terric)*. В г. Сибай такие почвы составляют основу почвенного покрова в районах частного домовладения и коллективных садов, где на их долю приходится до 25% от общей площади территории города. Относительно высокая доля садово-огородных земель со сформированными на них культуросемами оказывает в целом положительное влияние на почвенный покров малых и средних городов, увеличивая площади “здоровых” почв.

В данной работе рассматриваются результаты изучения разнообразия почв и изменения их физических свойств на примере г. Сибай – типичного населенного пункта горнорудного региона Республики Башкортостан (Южное Зауралье), расположенного на территории Баймакского района. Зауральская зона Республики Башкортостан представляет собой геохимическую провинцию с развитым горнорудным производством, являющимся мощным источником негативного воздействия на почвенный покров. Одним из наиболее значимых промышленных предприятий города является Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината с карьером, отвалами, обогатительной фабрикой, хвостохранилищами. Кроме него в городе функционируют Сибайский горно-обогатительный комбинат, теплоэлектроцентраль, Башкирское шахтопроходческое управление, завод буровых реагентов.

Особенностью г. Сибай является наличие двух главных факторов, оказывающих существенное и противоположно направленное влияние на экологическую ситуацию. С одной стороны, это функционирование крупного горнорудного предприятия, негативная экологическая нагрузка которого велика ввиду относительно небольшой площади территории города. С другой стороны, благоприятное воздействие на почвенный покров оказывает наличие значительных площадей, занятых коллективными садами и индивидуальной жилищной застройкой с приусадебными участками.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Город Сибай расположен на выровненном по рельефу участке на переходе восточных хребтов и предгорий Южного Урала в Зауральский пeneплен. Для изучения почвенного покрова были выбраны пробные площадки в городских микрорайонах, различающихся по функциональному

использованию земель. В число жилых микрорайонов с частными малоэтажными постройками входят поселки Золото, Золото 2, Аркаим, Камыш-Узяк, Сарматы, Строителей, Южный, Южный 2, Горный, Обогаителей, Северный, Дом рыбака, Дом рыбака 2. Микрорайон Восточный и центр города представляют собой многоэтажную жилую часть города. Промышленные зоны представлены участками вблизи Сибайского и Камаганского карьеров с крупными отвалами, Сибайской обогатительной фабрики со старым и новым хвостохранилищами, известнякового карьера, теплоэлектроцентрали, объектов бывших лес-промхоза, молочно-консервного и мясокомбинатов (рис. 1).

Земельные участки возле поселков Южный и Южный 2, Аркаим, Золото используются в качестве пастбищных угодий. Многие коллективные сады, новые жилые поселки Сарматы, Северный расположены на бывших пахотных угодьях, занятая часть которых в настоящее время представляет собой залежь.

На участках, характеризующихся разным уровнем антропогенного влияния, заложено 18 почвенных разрезов. Кроме того, сделано 25 описаний почв на стенах котлованов и траншей, вырытых при производстве различных строительных и ремонтных работ. Отбор почвенных образцов проведен в трехкратной повторности в соответствии с общепринятыми методиками.

Для исследования особенностей физической деградации почв использованы подходы метода ключей-аналогов, согласно которым сравнительно исследованы показатели разрезов, расположенных на одинаковых и выровненных элементах рельефа. В качестве контроля на территории Баймакского района Республики Башкортостан заложен разрез на идентичном по рельефу с городскими почвами целинном участке чернозема обыкновенного (сегрегационного) тяжелосуглинистого со следующими показателями горизонтов Ад, А1 и АВ, соответственно: мощностью – 6 и 16 см; плотностью – 0.82, 1.06 и 1.21 г/см³; общей пористостью – 67.2, 60.6 и 55.6%; содержанием агрономически ценной структуры размером 10–0.25 мм – от 78.5 до 86.2%, водоустойчивых агрегатов более 0.25 мм – от 78.7 до 88.2%.

С целью оценки влияния процесса урбанизации на признаки и свойства почв использованы наиболее часто встречающиеся почвы с сохраненным естественным сложением. Плотность почвы определяли методом режущих колец по Качинскому, общую пористость – расчетным методом, структурно-агрегатный состав – методом качания сит по Саввинову [4]. Полученные величины плотности и пористости почв оценивали по шкале Качинского, показатели структурного состояния – по шкале, предложенной Долговым и Бахтиным [4].

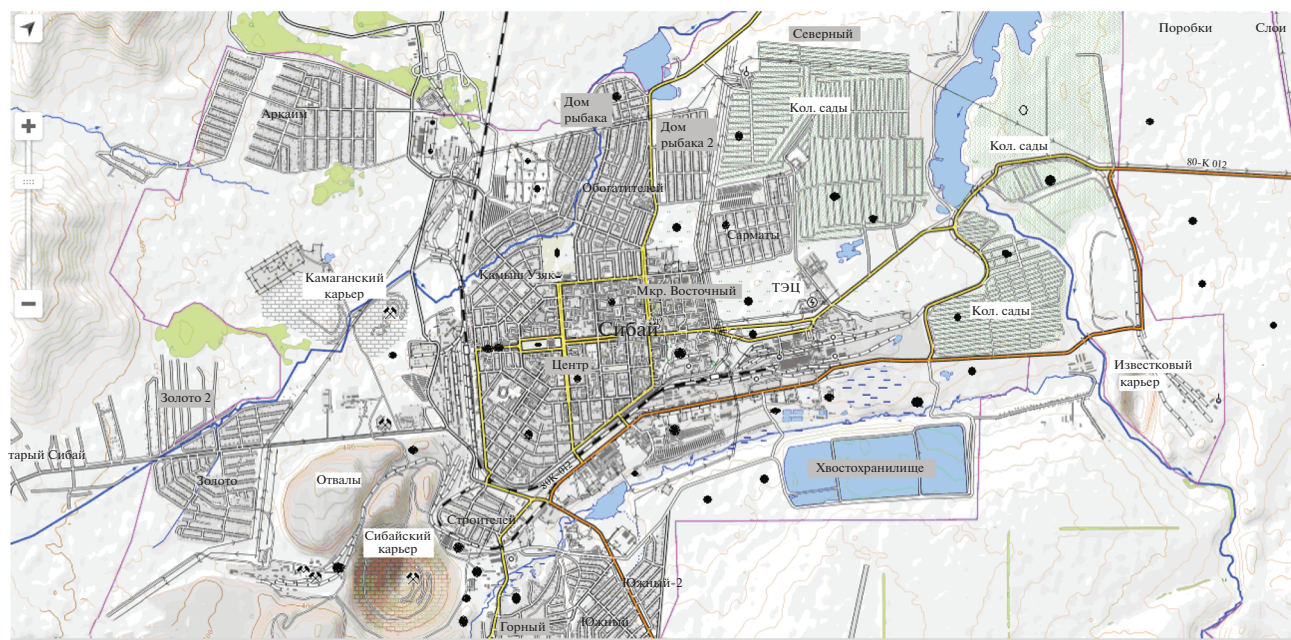


Рис. 1. Карта-схема г. Сибай и расположение пробных площадок (показаны кружками).

Для оценки степени деградации почвы по мощности гумусового горизонта и плотности сложения использована шкала [8], учитывающая отклонение значений конкретных физических параметров от контроля: от недеградированных (степень деградации 0) до очень сильно деградированных (степень деградации 4). Промежуточные степени 1, 2 и 3 соответствовали слабой, средней и сильной степени деградации (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В черте г. Сибай выделены как естественные почвы, так и варианты антропогенно-измененных (нарушенных) почв (рис. 2, 3). Описание некоторых почвенных профилей приведено в табл. S1.

Исследование позволило объединить почвы г. Сибай в следующие категории (группы):

– естественные почвы, к которым относятся земли пастбищных угодий, резервных зон городских кладбищ, то есть участков с ненарушенным сложением генетических горизонтов, за исключением верхней части горизонта А, под достаточно

хорошо сохранившейся естественной растительностью, микро- и макрорельефом, подверженных относительно небольшому антропогенному воздействию;

– антропогенно-поверхностно-преобразованные почвы участков с небольшими изменениями микрорельефа и верхних горизонтов почвенного профиля, иногда с присутствием видов естественной растительности, подверженных антропогенному воздействию средней степени (залежи, пахотные почвы окрестностей города, коллективных садов, парков, огородов участков индивидуальных малоэтажных застроек, почвы части территорий охранных зон промышленных предприятий и т. д.);

– антропогенно-глубокопреобразованные почвы участков со значительными (или полными) трансформациями рельефа и нарушениями почвенного профиля, связанными с сильным антропогенным воздействием (почвы микрорайонов с многоэтажной жилой застройкой, промышленных зон предприятий, окрестностей карьеров, отвалов и хвостохранилищ горнорудной промышленности и др.). Значительную часть в этой группе

Таблица 1. Шкалы оценки степени физической деградации почв (по [8])

Признак и показатель деградации	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Мощность горизонта, %	<10	10–20	30–50	60–100	>100
Увеличение плотности сложения горизонта Апах, %	<10	10–20	21–30	31–40	>40



Рис. 2. Чернозем и урботехноземы г. Сибай.

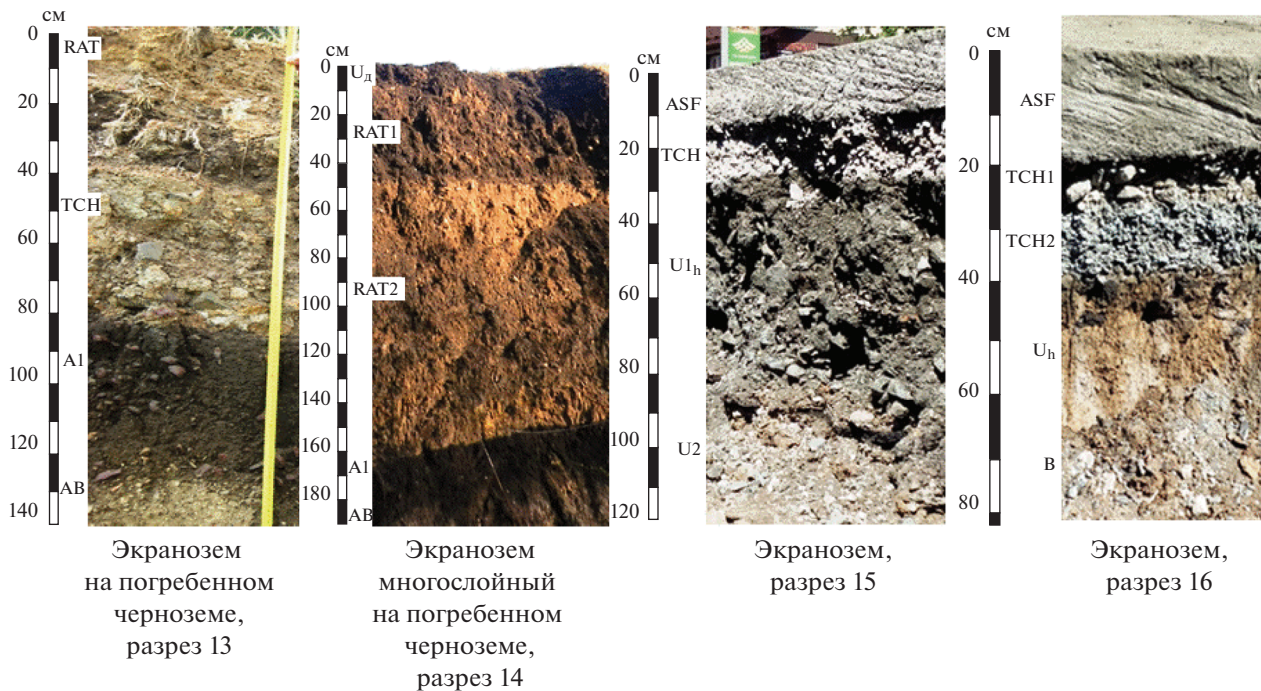


Рис. 3. Экраноземы г. Сибай.

составляют городские территории, занятые объектами горнорудного производства, с сильно и очень сильно деградированным почвенным покровом или его полным отчуждением из функционирующей

экосистем, а именно: под карьерами, хвостохранилищами, железнодорожными полотнами, отвалами горных пород, включая погребенные почвы. Исключение составляет частичное вос-

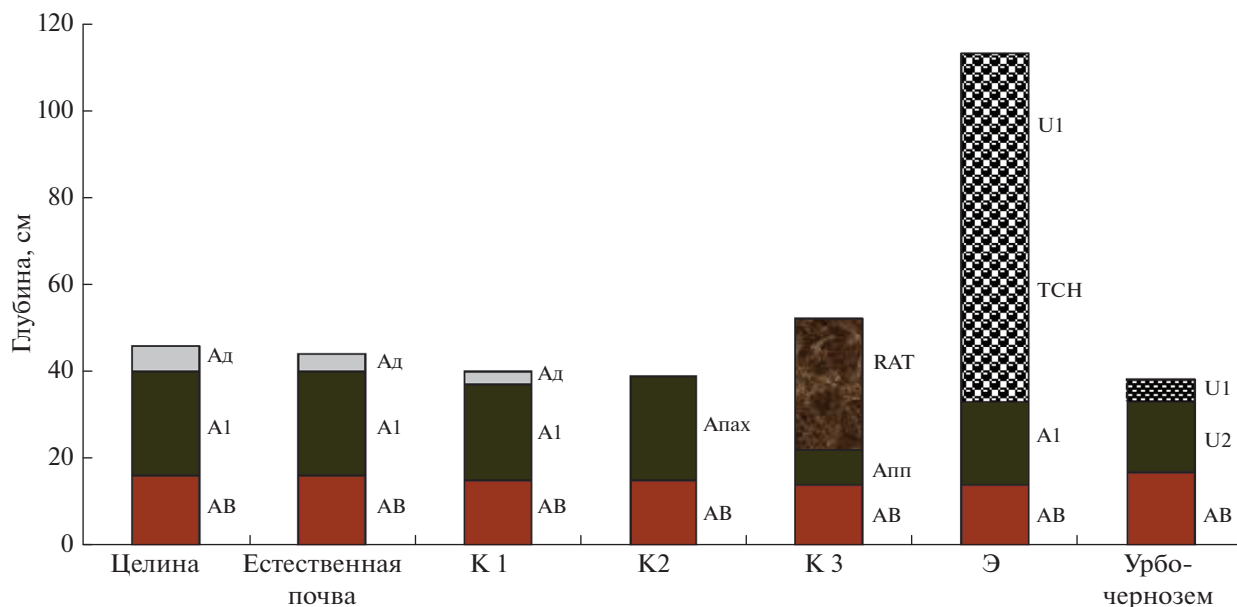


Рис. 4. Изменение мощности почв г. Сибай. Условные обозначения: Э – экранозем погребенный; варианты культурозема поверхностно-преобразованного (агрочернозема сегрегационного): К 1 – залежный (с дерниной, разрез 5), К 2 – пахотный (разрез 3), К 3 – огородный (с насыпным гумусированным материалом, разрез 4).

становление почвенного покрова на небольшом рекультивированном участке отвалов Сибайского карьера путем создания реплантоземов.

Выявлено, что в естественных почвах по сравнению с антропогенно-преобразованными при преимущественном сохранении типичных морфологических признаков отмечено заметное (на 5–16 см) понижение линии вскипания от соляной 10%-ной кислоты, что, вероятно, обусловлено интенсификацией нисходящего движения фильтрационных вод из-за увеличения накопления снега.

Для изучения степени деградации антропогенно-поверхностно-преобразованных почв по морфологическим признакам и физическим свойствам проведено сравнение с контролем наиболее широко представленных в городе естественных почв, пахотного, залежного и огородного вариантов агрочернозема, урбочернозема, а также экранозема погребенного с сохранившимся естественным сочетанием генетических горизонтов.

Мощность гумусового горизонта. Результаты изучения мощности гумусово-аккумулятивного слоя и отдельных его горизонтов почв отражены на диаграмме (рис. 4). Естественные почвы в условиях города по строению и мощности гумусово-аккумулятивных горизонтов практически не отличаются от контроля. Незначительная разница суммарной мощности горизонтов А и АВ позволяет отнести по данному признаку естественные почвы к категории недеградированных [8].

Пахотный и залежный варианты агрочернозема сегрегационного по строению профиля очень

близки к естественным почвам, однако отличаются заметным уменьшением мощности гумусово-аккумулятивных (А + АВ) горизонтов. По степени уменьшения мощности горизонтов (на 19 и 15%) их следует отнести к категории слабодegradированных (табл. 1). В то же время в залежном варианте данных почв отмечено частичное восстановление дернины.

Огородный вариант агрочернозема сегрегационного отличается существенным увеличением мощности гумусово-аккумулятивного горизонта (52 см) по сравнению с целинной почвой (46 см) за счет регулярного внесения высоких количеств перегноя и снятого на строительных площадках почвенно-растительного слоя (“чернозема”). При этом под урбиковым, ныне обрабатываемым слоем (U_h), выделяется “подпахотный” горизонт мощностью 8–10 см, ранее бывший пахотным, с характерными для него благоприятными свойствами: относительной рыхлостью и хорошей оструктуренностью. В связи с заметным увеличением мощности гумусово-аккумулятивного горизонта под влиянием положительного фактора окультуривания огородный агрочернозем следует считать вариантом улучшенных городских почв.

Суммарная мощность горизонтов А + АВ экранозема погребенного по сравнению с контролем уменьшилась на 13 см (28%), что соответствует категории среднедеградированных почв по данному признаку.

Урбо-черноземы, к которым относятся почвы с частично удаленным гумусово-аккумулятивным слоем в результате проведения строительно-

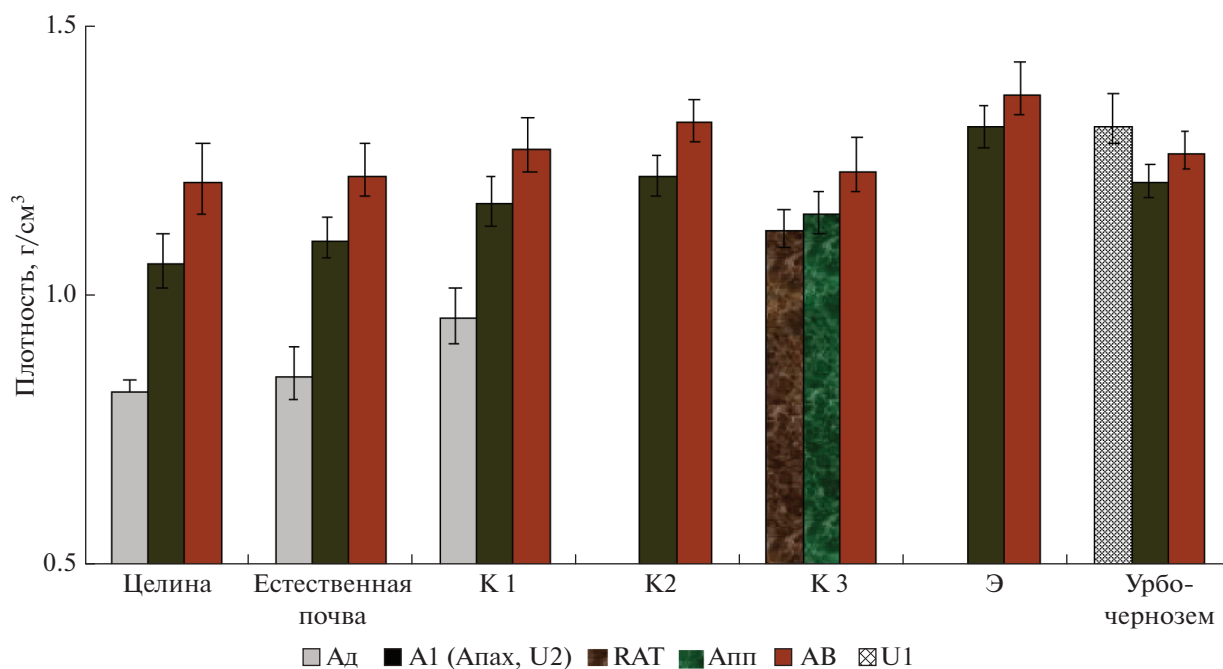


Рис. 5. Плотность сложения почв г. Сибай. Условные обозначения см. рис. 4.

планировочных работ, деградированы в разной степени (от 1 до 3), что зависит от мощности удаленного поверхностного слоя.

Из рис. 4 очевидно постепенное уменьшение мощности горизонта Ад от целинной к естественной городской почве и далее к залежному варианту агрочернозема сегрегационного, что связано с ростом антропогенной нагрузки в рассматриваемом ряду и уменьшением в этой связи разнообразия и продуктивности травостоя.

Плотность и пористость. Усредненные значения плотности вышеназванных категорий почв приведены на рис. 5. Плотность многих рассматриваемых категорий почв несколько больше по сравнению с целинным аналогом. Плотность верхних горизонтов естественной городской почвы практически не отличается от показателей целинной почвы. Плотность горизонтов А и АВ пахотного агрочернозема (К 2) значительно больше (на 0.16 и 0.11 г/см³) и оценивается как уплотненная и сильно уплотненная соответственно. В залежном варианте агрочернозема (К 1) плотность названных горизонтов находится в пределах типичной и уплотненной категорий. Урбиковый (U_п) и горизонт А1 огородного варианта агрочернозема (К 3) имеют оптимальные параметры плотности. Показатели плотности соответствующих горизонтов экранозема больше контроля на 0.16 и 0.25 г/см³, урбо-чернозема – на 0.06–0.15 г/см³, что позволяет оценить почвы как сильно уплотненную и уплотненную соответственно. Сильное уплотнение профиля экра-

нозема объясняется влиянием давления мощного перекрывающего грунта.

Оценка степени физической деградации почв по изменению величины плотности [8] показала, что агрочернозем пахотный соответствует слабой, экранозем погребенный – средней степеням деградации. Эти результаты не согласуются с выводом Горбова с соавт. [7] о том, что для степных почв со значениями плотности сложения меньше 1.4 г/см³, данное свойство не является информативным для диагностики урбопедогенеза.

Зеркальным отражением плотности является общая пористость почвы. По данному показателю гумусово-аккумулятивные горизонты естественной городской почвы и огородного варианта агрочернозема согласно шкале Качинского соответствуют, как и у целинной почвы, категории “отличная”. В пахотном варианте агрочернозема она существенно меньше (нижняя граница категории “удовлетворительная”), в экраноземе погребенном – “неудовлетворительная”. Залежный вариант агрочернозема и урбо-чернозем занимают промежуточное положение (категория “удовлетворительная”).

В ряду почв от целинной к естественной городской и далее к залежному варианту агрочернозема отмечено постепенное уплотнение и уменьшение пористости горизонта Ад.

Изменение структурно-агрегатного состава городских почв. Результаты определения структурно-агрегатного состояния изученных категорий почв г. Сибай представлены в табл. 2.

Таблица 2. Агрегатный состав почв г. Сибай

Горизонт	Целина	Естественная почва	К 1	К 2	К 3	Э	Урбо-чернозем
Содержание агрономически ценных (10–0.25 мм) агрегатов сухого просеивания, %							
Ад	78.5 ± 3.5	60.5 ± 2.5	59.6 ± 3.3	–	–	–	–
A ₁ (Апах, U2)	84.3 ± 5.6	74.2 ± 4.8	64.3 ± 5.9	53.3 ± 6.4	75.2 ± 5.1	68.6 ± 7.8	52.9 ± 6.8
АВ	86.2 ± 5.8	74.5 ± 6.4	68.2 ± 4.6	69.2 ± 5.6	81.7 ± 6.4	65.8 ± 5.7	72.5 ± 3.4
Шкала оценки: <20 – плохо; 20–40 – неудовлетворительно, 40–60 – удовлетворительно, 60–80 – хорошо, >80 – отлично							
Содержание водоустойчивых агрегатов (5–0.25 мм), %							
Ад	78.7 ± 2.7	56.8 ± 1.8	48.1 ± 2.8	–	–	–	–
A ₁ (Апах, U2)	88.2 ± 4.7	77.1 ± 5.3	52.6 ± 5.9	44.3 ± 3.5	63.4 ± 2.1	50.6 ± 3.3	58.0 ± 2.4
АВ	88.0 ± 4.6	76.0 ± 5.4	61.8 ± 4.5	48.4 ± 4.5	70.1 ± 3.4	44.3 ± 2.3	66.8 ± 3.5
Шкала оценки: <20 – плохо; 20–40 – неудовлетворительно; 40–55 – удовлетворительно; 55–70 – хорошо; >70 – отлично.							

Примечание. Условные обозначения приведены на рис. 4. В таблице представлены средние значения и их стандартные отклонения ($M \pm SEM$).

Результаты сухого просеивания выявили, что в городских почвах содержание агрегатов 10–0.25 мм в горизонте А1 и соответствующих ей горизонтах Апах и U варьирует в широких пределах – от 52.9 до 75.2%. При этом наименьшее его количество отмечено в урбо-черноземе (52.9) и агрочерноземе пахотном (53.3%) – оценка “удовлетворительно”, что на 2 порядка меньше по сравнению с целинной почвой (“отлично”). Для соответствующих горизонтов других категорий городских почв характерен “хороший” структурный состав. Горизонт АВ сравнимых категорий почв относительно выровнен по содержанию агрегатов размером 10–0.25 мм, их количество колеблется в пределах от 65.8 до 74.5%, структурный состав по шкале Бахтина оценивается как “хороший”. У огородного варианта агрочернозема структурный состав данного горизонта имеет одинаковую с целинным аналогом оценку – “отличный”. Содержание агрегатов размером 10–0.25 мм в горизонтах А1 и АВ естественной городской почвы меньше, чем в целинном аналоге, на 10 и 12%, при этом по упомянутой шкале оценка также ниже – “хорошая”.

Содержание водоустойчивых агрегатов размером более 0.25 мм в естественной почве в горизонтах А1 и АВ меньше, чем в целинном аналоге, соответственно на 11 и 6%, хотя при этом оценка по шкале Бахтина одинаково “отличная”. Наименьшее количество водоустойчивых агрегатов отмечено в пахотном варианте агрочернозема и в экраноземе (“удовлетворительно”). Далее в порядке увеличения водоустойчивости агрегатов следуют агрочернозем залежный (оценка “удо-

влетворительно”), убо-чернозем и агрочернозем огородный (“хорошо”).

Из представленных в табл. 2 данных очевидно постепенное ухудшение показателей структурно-агрегатного состояния горизонта Ад от целины к естественной городской почве и далее к залежному варианту агрочернозема сегрегационного. В указанном ряду почв уменьшение содержания агрегатов размером 10–0.25 мм составляет 19%, водоустойчивости – 30%.

Таким образом, естественная городская почва, несмотря на морфологическое сходство, по структурному состоянию несколько уступает целинному аналогу. Высокими показателями структурно-агрегатного состава характеризуется огородный вариант агрочернозема. В залежном варианте агрочернозема произошло частичное восстановление структурного состояния по сравнению с пахотным аналогом, по всей видимости, благодаря формированию дернового горизонта.

ВЫВОДЫ

1. В почвенном покрове г. Сибай наряду с естественными и антропогенно-преобразованными встречаются почвы, характерные для объектов горнорудных территорий: погребенные под отвалами горных пород и реплантоземы на рекультивированных участках отвалов. Значительную территорию занимают антропогенно-глубокопреобразованные почвы, относящиеся к категориям сильно и очень сильно деградированных. Под карьерами, отвалами горных пород, хвостохранилищами, же-

лезнодорожными полотнами почвенный покров полностью отчужден из функционирующих экосистем. Особенностью структуры почвенного покрова г. Сибай является высокая доля агрочерноземов (культуросеземов), представленных залежным, пахотным и огородным вариантами.

Естественные городские почвы характеризуются сходством с целинной почвой по морфологическим признакам и физическим свойствам. Некоторое отличие заключается в понижении линии вскипания от соляной кислоты на 5–16 см, незначительном уменьшении мощности горизонта Ад и уплотнении гумусово-аккумулятивного горизонта. В то же время отмечено уменьшение содержания агрегатов с агрономически ценной структурой (на 10–12%) и водоустойчивости (на 6–11%) по сравнению с целинным аналогом.

3. От целинной к естественной городской почве и далее к залежному варианту агрочернозема сегрегационного отмечено постепенное уменьшение мощности горизонта Ад, уплотнение, уменьшение пористости и содержания агрономически ценных и водоустойчивых агрегатов почвы.

4. Для антропогенно-поверхностно-преобразованных почв города Сибай характерны отрицательные изменения морфологических признаков и физическая деградация от слабой до средней степени: уменьшение мощности гумусово-аккумулятивного горизонта, понижение линии вскипания от соляной кислоты, уплотнение, снижение пористости, ухудшение структурного состояния.

Для агрочернозема пахотного характерны слабая деградация гумусово-аккумулятивного горизонта по плотности, низкая пористость и удовлетворительное структурное состояние. В залежном варианте агрочерноземов наблюдается частичное восстановление физических свойств по сравнению с пахотным аналогом благодаря формированию горизонта Ад. Агрочерноземы огородные характеризуются существенным увеличением мощности и хорошими показателями физических свойств гумусово-аккумулятивного горизонта в результате положительного антропогенного воздействия.

Профиль экранозема погребенного отличается уменьшением мощности генетических горизонтов на 13 см и увеличением их плотности выше контроля на $0.16–0.25 \text{ г/см}^3$, что соответствует средней степени деградации по этим показателям.

Урбо-черноземы представляют собой почвы с хорошим структурно-агрегатным составом, деградированные по мощности гумусово-аккумулятивного горизонта от слабой до сильной степени. Степень деградации урбо-чернозема определяется толщиной удаленного поверхностного слоя.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта 19-413-020003 р_а.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица S1. Описание разрезов почв урбанизированных территорий (г. Сибай)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю., Бульшева М.А., Лазарева М.А.* Гумусовые горизонты почв урбоэкосистем // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1067–1084. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18090010>
2. *Безуглова О.С., Горбов С.Н., Морозов И.В., Невидомская Д.Г.* Урбопочвоведение. Ростов н/Д: Издательство Южного федерального ун-та, 2012. 264 с.
3. *Безуглова О.С., Тагивердиев С.С., Горбов С.Н.* Физические характеристики городских почв Ростовской агломерации // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1153–1159.
4. *Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф.* Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
5. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
6. *Горбов С.Н., Безуглова О.С.* Почвенный покров Ростовской агломерации. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та, 2019. 186 с.
7. *Горбов С.Н., Безуглова О.С., Абросимов К.Н., Скворцова Е.Б., Тагивердиев С.С., Морозов И.В.* Физические свойства почв Ростовской агломерации // Почвоведение. 2016. № 8. С. 964–974.
8. Деградация и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 654 с.
9. *Добровольский Г.В., Бабьева И.П., Богатырев Л.Г. и др.* Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. М.: Наука, 2003. 364 с.
10. *Добровольский Г.В., Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Стриганова Б.Р., Яковлев А.С.* Почва, город, экология. М.: Фонд “За экономическую грамотность”, 1997. 320 с.
11. *Дымов А.А., Каверин Д.А., Габов Д.Н.* Свойства почв и почвоподобных тел г. Воркута // Почвоведение. 2013. № 2. С. 240–248. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13020032>
12. *Еремченко О.З., Москвина Н.В., Шестаков И.Е.* Строение, свойства и распространение урбоагрочув в районах одноэтажной застройки г. Перми // Вестник Пермского университета. 2006. Вып. 10(36). С. 160–163.
13. *Ивонин В.М., Авдонин В.Е.* Эрозия бурых лесных почв в связи с рекреационной дигрессией // Почвоведение. 2000. № 2. С. 243–251.

14. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. Оценка техногенного загрязнения городских почв на основе профилейного распределения тяжелых металлов и плотности сложения // Почвоведение. 2014. № 8. С. 988.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14080085>
15. Кошелева Н.Е. Пятая международная конференция “Почвы урбанизированных, промышленных, горнодобывающих и военных территорий” (Нью-Йорк, США) // Почвоведение. 2010. № 9. С. 1146–1150.
16. Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Назаркина А.В., Шапова Л.Н., Морин В.А. Загрязнение почв в зоне влияния отходов переработки оловянного сырья (Хабаровский край) // Почвоведение. 2013. № 3. С. 372.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X13030040>
17. Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1270–1280.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X17100057>
18. Ладонин Д.В., Михайлова А.П. Тяжелые металлы и мышьяк в почвах и уличной пыли юго-восточного административного округа г. Москвы: результаты многолетних исследований // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1401–1411.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X2011009X>
19. Опекунова М.Г., Сомов В.В., Папаян Э.Э. Загрязнение почв в районе воздействия горнорудных предприятий Башкирского Зауралья // Почвоведение. 2017. № 6. С. 744–758.
<https://doi.org/10.7868/80032180X17060089>
20. Павлова Л.М., Радомская В.И., Юсупов Д.В. Высококотоксичные элементы в почвенном покрове на территории г. Благовещенска // Экология и промышленность России. 2015. № 5. С. 50–55.
21. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И. Городские почвы: диагностика и классификационное определение по материалам научной конференции SUITMA-9 по Москве // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1057–1066.
<https://doi.org/10.1134/S0032180X18090095>
22. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.
23. Сапожников П.М. Деградация физических свойств почв при антропогенных воздействиях // Почвоведение. 1994. № 11. С. 60–75.
24. Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, систематика, экологическое значение (на примере г. Москвы). Автореф. дис. ... докт. биол. н. М., 1998. 71 с.
25. Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики // Почвоведение. 1992. № 7. С. 16–24.
26. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. 1997. № 1. С. 96–101.
27. Сундуков Я.Т. Экология пахотных почв Зауралья Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 2001. 256 с.
28. Тагивердиев С.С., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Котик М.В. Деградация физических свойств почв черноземной зоны в условиях города // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. № 2. Т. 18. С. 226–229.
29. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Каблова Н.Ю. Структуры гранулометрического состава и их влияние на засоление почв Алтайской Кулунды. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2003. 123 с.
30. Фрид А.С., Борисочкина Т.И. Миграционная подвижность тяжелых металлов в сильнозагрязненных почвах в окрестностях комбината “Североникель” (Мурманская область) // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1144–1154.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X20090051>
31. Шеховцева О.Г., Мальцева И.А. Особенности физических, химических и биологических свойств почв г. Мариуполь (Украина) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 869–877.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14070132>
32. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
33. Attanayake C.P., Hettiarachchi G.M., Harms A., Presley D., Martin S., Pierzynski G.M. Field evaluations on soil plant transfer of lead from an urban garden soil // J. Environ. Qual. 2014. V. 43. P. 475–487.
34. Craul P.J. A description of urban soils and their desired characteristics // J. Arboriculture. 1985. V. 11. P. 330–339.
35. Demina S., Vasenev V., Ivashchenko K., Ananyeva N., Plyushchikov V., Hajiaghayeva R., Dovletyarova E. Microbial Properties of Urban Soils with Different Land-Use History in New Moscow // Soil Science. 2018. V. 183. Lippincott Williams Wilkins Ltd., United States. P. 132–140.
<https://doi.org/10.1097/SS.0000000000000240>
36. Huot H., Joyner J., Córdoba A., Shaw R.K., Wilson M.A., Walker R., Muth T.R., Cheng Z. Characterizing urban soils in New York City: profile properties and bacterial communities // J Soils Sediments. 2017. V. 17(2). P. 393–407.
<https://doi.org/10.1007/s11368-016-1552-9>
37. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2014. 181 p.
38. Lehmann A., Stahr K. Nature and significance of anthropogenic urban soils // J. Soils Sediments. 2007. V. 7.4. P. 247–260.
39. Mullins C.E. Physical Properties of Soils in Urban Areas // Soils in the Urban Environment. Blackwell Scientific Publications, 1991. P. 87–118.
40. Paramonova T.A., Tishkina E.V., Krasnov S.F., Tolstikhina D.O. Soil Cover Structure and Main Soil Properties of the Vorob’evy Gory Nature Park // Moscow University Soil Science Bulletin. 2010. V. 65. № 1. P. 22–31.
41. Park S., Cheng Z.C., Yang H., Morris E.E. et al. Differences in soil chemical properties with distance to roads and age of development in urban areas // Urban Ecosyst. 2010. V. 13. P. 483–497.
42. Soils within Cities / Eds.: M.J. Levin, K.-H. Kim, J.-L. Morel, W. Burghardt, P. Charzynski, R.K. Shaw. 1st Publisher: Catena-Schweizerbart, Stuttgart, 2017. 249 p.

Physical Properties of the Soils of the City of Sibay of the Republic of Bashkortostan

Ya. T. Suyundukov^{1, 2, *}, M. B. Suyundukova¹, O. S. Bezuglova³, I. K. Khabirov⁴, R. F. Khasanova^{1, 2},
I. N. Semenova^{1, 2}, Yu. S. Rafikova¹, and G. R. Ilbulova^{1, 2}

¹ Institute of Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Ufa, 450008 Russia

² Sibay Institute (branch) of Bashkir State University, Sibay, 453830 Russian

³ Yuzhny Federal University, Rostov-on-Don, 344090 Russia

⁴ Bashkir State Agrarian University, Ufa, 450000 Russia

*e-mail: rezeda78@mail.ru

The results of the study of the properties of urban soils located in the mining region of the Republic of Bashkortostan are presented. The peculiarity of the studied territory is a significant distribution of soils with strong and very strong physical degradation, as well as rocks buried under dumps, and replantozems in reclaimed areas. At the same time, the traditional way of life of the population determines the presence within the city. Sibay territories occupied by vegetable gardens and orchards, where soils of the type of culturosems (agro-chnozems, Hortic Anthrosols) are formed, which have a generally positive effect on the soil cover of the city by increasing the area of “healthy” soils. The article describes the sections of a number of urban soils, grouped into the following main categories: natural, anthropogenic-surface-transformed and anthropogenic-deep-transformed. The diversity of the considered soils is due to the type of functional use of the land, which determines the nature of the anthropogenic impact. The average degree of degradation of the buried chernozem in terms of thickness and density of the humus-accumulative (A + AB) horizon and the weak degree of degradation of arable agro – chernozem in terms of density was revealed, which is accompanied by a deterioration in the structural and aggregate state and a reduction in soil porosity. A significant increase in the capacity and improvement of the structural state of the humus-accumulative horizon was noted in the agricultural chernozems of the vegetable gardens.

Keywords: urban soils, physical degradation, urban horizon, urbanozem, ekranozem, urbanechnozem, culturosem Anthrosols Hortic