

- ней Сибири. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 1998. – 128 с.
6. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика определения прироста древесных растений. – М., 1967. – 27 с.
 7. Некрасов В.И., Сендзюк Т.А. Изменчивость семян и сеянцев в интродукционных популяциях робинии псевдоакалии // Лесоведение. – 1991. – Вып. 4. – С. 92–96.
 8. Тяк Г.В., Алтухова С.А. Рост и развитие сеянцев брусники в условиях культуры // Тр. I Всерос. конф. по ботаническому ресурсоведению. – СПб., 1996. – С. 144–145.
 9. Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В. Селекция и репродукция лесных древесных пород. – М.: Логос, 2002. – 520 с.
 10. Чаховский А.А. Эколого-биологические основы интродукции древесных растений (покрытосеменные) в Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1991. – 224 с.
 3. Koropachinskij I.Ju., Gorbunov A.B. Introdukcija netradicionnyh plodovyh, jagodnyh i ovoshnyh rastenij v Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk: Geo, 2013. – 142 s.
 4. Lobanov G.A. Programma i metodika sortoizuchenija plodovyh i jagodnyh, orehoplodnyh kul'tur / VNIi sadovodstva im. I.V. Michurina. – Michurinsk, 1973. – 495 s.
 5. Matveeva R.N., Butorova O.F. Introdukcija derev'ev i kustarnikov v uslovijah juga Srednej Sibiri. – Krasnojarsk: Izd-vo SibGTU, 1998. – 128 s.
 6. Molchanov A.A., Smirnov V.V. Metodika oprede-lenija prirosta drevesnyh rastenij. – M., 1967. – 27 s.
 7. Nekrasov V.I., Sendzjuk T.A. Izmenchivost' semjan i sejancev v introdukcionnyh populjacijah robinii psevdookacii // Lesovedenie. – 1991. – Vyp. 4. – S. 92–96.
 8. Tjak G.V., Altuhova S.A. Rost i razvitie sejancev brusniki v uslovijah kul'tury // Tr. I Vseros. konf. po botanicheskomu resursovedeniju. – SPb., 1996. – S. 144–145.
 9. Carev A.P., Pogiba S.P., Trenin V.V. Selekcija i reprodukcija lesnyh drevesnyh porod. – M.: Logos, 2002. – 520 s.
 10. Chahovskij A.A. Jekologo-biologicheskie osnovy introdukcii drevesnyh rastenij (pokrytosemnyye) v Belorussii. – Minsk: Nauka i tehnika, 1991. – 224 s.

Literatura

1. Bulygin N.E., Jarmishko V.T. Dendrologija. – M.: Lesn. prom-st', 2001. – 528 s.
2. Kentbaev E.Zh. Vnutrividovaja izmenchivost' listovyh plastinok oblepihi krushinovidnoj // Vestn. Pavlodar. un-ta im. S. Torajgyrova. – 2005. – № 4. – S. 82–89.

УДК 630.114 (571.51)

П.А. Тарасов, А.В. Тарасова

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ НА ТРОПАХ В БЕРЕЗНЯКАХ КРАСНОЯРСКОГО АКАДЕМГОРОДКА

P.A. Tarasov, A.V. Tarasova

THE EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS ON THE PATHWAYS IN BIRCH STAND OF KRASNOYARSK ACADEMIC TOWN

Тарасов П.А. – канд. биол. наук, доц. каф. лесоводства Сибирского государственного университета науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru

Тарасова А.В. – канд. хим. наук, доц. каф. общей и неорганической химии Сибирского государственного университета науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru

Tarasov P.A. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Forestry, Siberian State University of Science and Technologies named after Acad. M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk. E-mail: avyatar@yandex.ru

Tarasova A.V. – Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Chair of General and Inorganic Chemistry, Siberian State University of Science and Technologies named after Acad. M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk. E-mail: avyatar@yandex.ru

В результате рекреационного воздействия в насаждениях красноярского Академгородка сформировались тропы, на которых физические свой-

ства почвы подвержены наибольшему изменению. Определение характера и степени данных изменений и составляло основную цель исследования. Для

ее достижения были проведены исследования плотности, пористости и структуры почвы на обочине и в центре троп в березняке разнотравном, произрастающем в нижней части красноярского Академгородка. Используя общепринятые методы полевых и лабораторных исследований, изучали три верхних слоя (0–5; 5–10; 10–20 см) серой среднесуглинистой почвы. Результаты показали большее увеличение плотности в центре тропы и особенно в верхнем слое (1,36 против 0,65 г/см³ на контроле), что негативно сказалось на структуре почвы. Большинство агрегатов приобретает плитовидную форму и укрупняется до размеров макроструктуры (более 10 мм), доля которой достигает 34,3 %, а содержание наиболее ценных агрегатов (2–5 мм) составляет 23,3 % при соответствующих показателях контроля 4,1 и 43,2 %. Подобное наблюдается и в слое 0–5 см на обочине тропы, тогда как в более глубоких слоях различия с контролем менее существенны. В то же время водопроходимость структуры в них несколько ниже (коэффициенты водопроходимости – 0,86–0,69 против 0,90–0,88 на контроле), что обусловлено меньшим содержанием органического вещества и гумуса. Увеличение плотности почвы на тропах и изменения ее структуры обусловили соответствующее уменьшение общего порового пространства (с 71,6–54,4 до 49,8–41,6 %) за счет крупных некапиллярных пор, объем которых сократился с 45,9–22,1 до 19,4–9,1 %. Последнее является главной причиной резкого снижения водо- и воздухопроницаемости почвы на тропах, вследствие чего ухудшается ее водно-воздушный режим. Поэтому для минимизации данных негативных явлений необходимо благоустройство троп с целью улучшения их почвенных физических параметров.

Ключевые слова: рекреация, тропы, плотность почвы, пористость, виды пористости, структура почвы, ухудшение агрофизических показателей.

As a result of recreation in the forests of Krasnoyarsk Academic Town the tracks on which physical properties of the soil are subject to the greatest changes were formed. The determination of character and extent of these changes also made the main objective of the research. For its achievement researches of density, porosity and structure of the soil on a roadside and in the center of tracks in a birch forest mixed grasses, growing in the lower part of Krasnoyarsk Academic Town were conducted. Three upper layers of gray medium-thick loamy soils (0–5; 5–10; 10–20 cm) were studied using standard field and laboratory methodologies. The results revealed greater increase of soil densi-

ty in the center of trails, especially in the upper layer (1.36 vs 0.65 g/cm³ in control site), which negatively impacted the soil structure. Most of its aggregates acquire a plate-shaped form and grow larger to macrostructure size (more than 10 mm), the share of which reaches 34.3 %, while the content of the most valuable aggregates (2–5 mm) is 23.3 % with corresponding control parameters 4.1 and 43.2 %. The same is observed in the 0-5 cm layer on the roadside, while in the deeper layers the differences with control sites are less significant. At the same time, the water resistance of the structure in them is somewhat lower (the coefficients of water resistance are 0.86–0.69 vs. 0.90–0.88 at the control site), which is caused by a lower content of organic matter and humus. The increase of soil density on the trails and changes in its structure resulted in a corresponding decrease of the total pore space (from 71.6–54.4 to 49.8–41.6 %) due to large non-capillary pores, the volume of which decreased from 45.9–22.1 to 19.4–9.1 %. The latter is the main reason of the sharp decrease in water and air permeability of the soil on the trails, as a result of which its water and air regime deteriorates. Therefore, in order to minimize these negative phenomena, the improvement of trails is required to improve their soil physical parameters.

Keywords: recreation, pathways, soil density, porosity, types of porosity, soils structure, deterioration of agrophysical parameters.

Введение. Следствием активной застройки красноярского Академгородка стало заметное увеличение количества жителей и обусловленное этим возрастание рекреационной нагрузки на его парковые леса. Среди целого ряда вызванных рекреацией негативных для леса последствий особое место занимают стихийно возникающие тропы, на которых наблюдается резкое ухудшение всех физических свойств и режимов почвы, что в конечном итоге может привести к деградации и даже гибели рекреационных лесов [6, 13, 15].

В большинстве известных работ по данной тематике авторы ограничиваются лишь изучением плотности и общей пористости почвы [1, 6, 13–15, 17], совершенно не рассматривая ее структуру, хотя именно она является основным фактором, определяющим указанные почвенные физические характеристики [2, 4, 7, 12]. Исходя из этого, более глубокая оценка физических свойств почвы на тропах, где степень их рекреационной трансформации максимальна, является актуальной.

Цель исследования: детальная оценка физических свойств почвы на тропах, где степень их рекреационной трансформации является максимальной.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в чистом разнотравном березняке,

произрастающем в нижней части красноярского Академгородка. В результате длительного интенсивного рекреационного воздействия здесь образовалось несколько троп, местами достигающих ширины 2 м, на которых полностью был уничтожен живой напочвенный покров. Учитывая различия в степени воздействия на разные части троп, исследования проводили в их центре и на обочине. Контролем служил участок насаждения, где рекреационное воздействие практически не наблюдалось.

Используя общепринятые методы полевых и лабораторных исследований почвы [2, 10, 11], изучали три ее верхних слоя (0–5; 5–10; 10–20 см), в которых, по литературным данным [1, 6, 13–15, 17], влияние рекреационных нагрузок проявляется наиболее сильно. Плотность почвы определяли буром Качинского ($n = 10$), плотность твердой фазы – пикнометрическим методом, общую пористость – расчетным путем по соотношению указанных показателей. Капиллярную пористость находили методом насыще-

ния образцов, а вычитая ее величину из общей пористости, вычисляли ее некапиллярную часть. Структуру изучали методом ситового анализа. Коэффициенты структурности и водопрочности рассчитывались, соответственно, как отношения содержания мезоагрегатов к суммарной доле микро- и макроагрегатов и содержания агрегатов крупнее 0,25 мм при мокром и сухом просеивании. Содержание органического вещества определяли методом прокаливания, гумуса – по Тюрину, сумму обменных оснований – по Каппену.

Результаты исследования и их обсуждение.

Анализ морфологических признаков нескольких прикопок на контрольном участке позволил классифицировать исследуемую почву как серую среднесуглинистую [8]. Одним из очевидных результатов длительного рекреационного воздействия стало сильное уплотнение верхних слоев ее темногомусового горизонта (табл. 1).

Таблица 1

Плотность исследуемых слоев почвы, г/см³

Слой, см	Контрольный участок	Центральная часть троп	Обочина троп
0–5	0,65 ± 0,033	1,36 ± 0,033	1,21 ± 0,070
5–10	1,01 ± 0,065	1,34 ± 0,065	1,25 ± 0,053
10–20	1,14 ± 0,066	1,33 ± 0,030	1,33 ± 0,050

Анализ таблицы 1 выявил наибольшее уплотнение центральной части троп и особенно их верхнего слоя 0–5 см, непосредственно испытывающего давление пешеходов, плотность которого более чем вдвое превосходит контрольные значения. На обочинах же, используемых только при наличии луж в центральной части троп, уплотнение почвы проявляется в меньшей степени.

По мнению ряда авторов [1, 6, 13–15, 17], именно уплотнение почвы является наиболее существенным отрицательным фактором рекреации, способным вызвать быструю деградацию насаждений. Столь резко негативный эффект уплотнения, прежде всего, обусловлен ухудшением структуры, что связано с переорганизацией первоначального сложения почвы, которое заключается в деформировании и укрупнении агрегатов. При этом, чем плотнее почва, тем больших размеров агрегаты образуются [12]. Подобные изменения структурного состава почвы на тропах в полной мере отражают представленные в таблице 2 данные.

Как можно заметить, в слое 0–5 см не только центральной части троп, испытывающем наиболее

интенсивные нагрузки, но и на их обочине доминируют структурные отдельности крупнее 10 мм (макроагрегаты). Их содержание превышает 30 %, однако с увеличением глубины оно постепенно уменьшается и в слое 10–20 см составляет 19,2–14,3 %. На контрольном же участке содержание макроагрегатов в несколько раз ниже (всего 4,1–7,4 %), а его изменение, напротив, имеет обратный характер.

Однако, общеизвестно, что наибольшую агрономическую ценность представляют структурные отдельности размером от 10 до 0,25 мм, т. е. мезоагрегаты [2, 10]. Как видно из таблицы 2, во всех почвенных слоях троп мезоагрегаты являются преобладающей группой структурных отдельностей, составляя от 60 до 73,5 %, тогда как на микроагрегаты приходится лишь 5,7–12,5 %. Вследствие этого коэффициенты структурности слоев почвы на тропах имеют довольно высокие значения (1,50–2,77), соответствующие хорошей оценке структурного состава. При этом следует отметить возрастание с увеличением глубины слоя всех рассматриваемых показателей, а также более высокие их значения на обочине троп.

Таблица 2

Показатели структурного состояния исследуемых слоев почвы

Слой, см	Содержание агрегатов, % (числитель – «сухое просеивание», знаменатель – «мокрое»)									Мезо-агрегаты	Д _{ср.} , мм*	К _{стр.} **	К _{в.} ***
	Размер агрегатов, мм												
	>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25				
Контроль													
0–5	<u>4,1</u> 1,7	<u>1,6</u> 3,8	<u>7,6</u> 6,1	<u>23,7</u> 18,6	<u>19,5</u> 12,5	<u>7,8</u> 13,2	<u>9,8</u> 8,5	<u>8,6</u> 4,5	<u>17,3</u> 31,1	<u>78,6</u> 67,2	<u>3,09</u> 2,40	3,67	0,83
5–10	<u>5,4</u> 2,0	<u>5,2</u> 7,3	<u>14,3</u> 7,9	<u>25,8</u> 18,5	<u>13,7</u> 14,9	<u>5,5</u> 11,5	<u>7,6</u> 8,2	<u>7,7</u> 6,1	<u>14,7</u> 23,6	<u>79,8</u> 74,4	<u>3,94</u> 2,89	3,98	0,90
10–20	<u>7,4</u> 7,0	<u>9,6</u> 6,4	<u>13,7</u> 8,0	<u>20,1</u> 16,4	<u>10,2</u> 9,7	<u>6,3</u> 10,6	<u>6,4</u> 7,4	<u>9,2</u> 7,6	<u>17,1</u> 26,9	<u>75,5</u> 66,1	<u>4,38</u> 3,60	3,08	0,88
Центральная часть троп													
0–5	<u>34,3</u> 27,2	<u>11,6</u> 6,3	<u>7,6</u> 6,5	<u>13,3</u> 9,0	<u>10,0</u> 6,3	<u>6,0</u> 11,2	<u>7,1</u> 10,8	<u>4,4</u> 5,3	<u>5,7</u> 17,4	<u>60,0</u> 55,4	<u>9,25</u> 7,17	1,50	0,88
5–10	<u>26,0</u> 5,9	<u>8,1</u> 3,2	<u>9,3</u> 2,1	<u>17,3</u> 13,1	<u>12,8</u> 9,2	<u>5,7</u> 12,7	<u>7,8</u> 12,1	<u>5,2</u> 11,3	<u>7,8</u> 30,4	<u>66,2</u> 63,7	<u>7,63</u> 2,69	1,96	0,76
10–20	<u>19,2</u> 1,0	<u>8,2</u> 4,3	<u>8,6</u> 6,0	<u>16,8</u> 12,1	<u>11,7</u> 8,5	<u>7,9</u> 10,8	<u>7,9</u> 9,0	<u>7,2</u> 8,9	<u>12,5</u> 39,4	<u>68,3</u> 59,6	<u>6,24</u> 1,93	2,15	0,69
Обочина троп													
0–5	<u>31,2</u> 22,2	<u>7,5</u> 7,2	<u>9,0</u> 6,3	<u>14,7</u> 9,4	<u>10,5</u> 8,2	<u>6,3</u> 11,5	<u>7,3</u> 9,6	<u>5,1</u> 6,0	<u>8,4</u> 19,6	<u>60,4</u> 58,2	<u>8,45</u> 6,30	1,53	0,88
5–10	<u>21,1</u> 10,6	<u>6,8</u> 7,6	<u>11,0</u> 5,6	<u>19,3</u> 12,6	<u>12,5</u> 9,5	<u>6,9</u> 13,6	<u>8,1</u> 11,2	<u>5,4</u> 7,9	<u>8,9</u> 21,4	<u>70,0</u> 68,0	<u>6,74</u> 4,19	2,33	0,86
10–20	<u>14,3</u> 1,2	<u>8,3</u> 2,9	<u>11,7</u> 7,8	<u>20,8</u> 13,1	<u>12,3</u> 9,2	<u>5,6</u> 12,4	<u>8,4</u> 11,2	<u>6,4</u> 9,2	<u>12,2</u> 33,0	<u>73,5</u> 65,8	<u>5,59</u> 2,05	2,77	0,76

* Средневзвешенный диаметр агрегатов.

** Коэффициент структурности.

*** Коэффициент водопрочности.

Исследуемые слои контрольного участка характеризуются несколько большим содержанием мезоагрегатов (79,8–75,5 %). Это в сочетании с крайне малой долей макроагрегатов во многом обусловило и более высокие значения коэффициентов структурности (3,08–3,98), даже несмотря на заметно большее, по сравнению с аналогичными слоями троп, содержание микроагрегатов (17,3–14,7 %).

Несмотря на общепринятые размеры агрономически ценной структуры, наилучшие физические условия почвы, по мнению В.Р. Вильямса и Н.А. Качинского [3, 8], создаются при величине агрегатов от 2 до 5 мм. Именно такие почвенные отдельности преобладают в структурном составе слоев контрольного участка, вследствие чего средневзвешенный диаметр агрегатов находится в интервале от 3 до 4 мм. На тропях же из-за отмеченного доминирования макроагрегатов данный показатель оказался почти в 2-3 раза выше (см. табл. 2).

Лучшие показатели структурного состава на контрольном участке обусловлены меньшей плотностью его слоев, что способствует образованию агрегатов оптимальных размеров [12]. Кроме того, здесь активно действует отсутствующий на тропях главный фактор образования комковатой или зернистой структуры гумусовых горизонтов – корневые системы травянистых растений [4, 16].

Наряду с размерами при определении агрономической ценности агрегатов учитывается их форма. Агрономически ценной считают такую структуру почвы, в которой агрегаты представлены зернистыми и мелкокомковатыми отдельностями [10]. Именно

агрегаты такой формы преобладают во всех слоях контрольного участка, что позволяет назвать их структуру крупнозернисто-мелкокомковатой, тогда как во всех исследуемых слоях троп явное доминирование имеют структурные отдельности, относящиеся к плитовидному типу. При этом во всех исследуемых слоях центральной части троп они весьма близки по своим основным параметрам, исходя из которых такая структура является плитчато-сланцеватой. На обочине же троп отмечены некоторые отличия в соотношении различных видов агрегатов в разных слоях, что соответствующим образом отразилось на названии их структуры: 0–5 см – плитчато-сланцеватая, 5–10 см – грубочешуйчато-сланцеватая, 10–20 – сланцевато-плитчатая.

Для полной оценки структурного состояния почв необходимо располагать данными о водопрочности агрегатов, которая, главным образом, определяется гранулометрическим и химическим составом почвы [4]. Кроме того, особое значение для образования водопрочных агрегатов имеет содержание в составе органического вещества детрита, а также гумуса [3, 9, 16].

Исходя из этого, мы попытались выявить зависимость между указанными факторами и показателями водоустойчивости структуры, в качестве которых рассматривались коэффициент ее водопрочности (K_v), средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов ($D_{ср.}$) и содержание водопрочных мезоагрегатов. Все эти характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3

Агрохимические показатели почвы и показатели водопрочности ее структуры

Слой, см	Органическое вещество, %	Гумус, %	Сумма обменных оснований, ммоль/100 г	Водопрочные мезоагрегаты, %	$D_{ср.}$ водопрочных агрегатов, мм	K_v
Контроль						
0–5	25,96	7,04	48,0	67,2	2,40	0,83
5–10	14,07	6,23	36,5	74,4	2,89	0,90
10–20	11,34	5,81	36,3	66,1	3,60	0,88
Центральная часть троп						
0–5	17,24	5,46	44,8	55,4	7,17	0,88
5–10	11,94	5,02	37,5	63,7	2,69	0,76
10–20	8,60	4,42	33,6	59,6	1,93	0,69
Обочина троп						
0–5	19,45	6,33	39,8	58,2	6,30	0,88
5–10	14,53	5,89	42,7	68,0	4,19	0,86
10–20	10,05	5,35	35,5	65,8	2,05	0,76

Анализ таблицы 3 позволяет сделать вывод, что в целом более низкая, в сравнении с контролем, водопрочность структуры на тропах обусловлена некоторым ухудшением агрохимических показателей их почвенных слоев. Прежде всего, это касается органического вещества и гумуса, содержание которых заметно уменьшилось в результате резкого сокращения поступающих в почву растительных остатков.

Отмеченное увеличение плотности почв на тропах определило и соответствующее снижение функ-

ционально связанной с ней общей пористости [4]. Для ее расчета использовалась величина плотности твердой фазы почвы, меньшие значения которой в слоях контрольного участка обусловлены более высоким содержанием в них органического вещества (см. табл. 3) [10, 11].

Судя по приведенным в таблице 4 качественным оценкам плотности и общей пористости почвы, наилучшие физические условия имеют слои 5–10 и 10–20 см контрольного участка.

Таблица 4

Основные физические характеристики почвы

Слой, см	Плотность, г/см³	Плотность твёрдой фазы, г/см³	Вид пористости, %		
			Общая	Капиллярная	Некапиллярная
Контрольный участок					
0–5	0,65	2,29	71,6	25,7	45,9
5–10	1,01	2,44	58,6	31,5	27,1
10–20	1,14	2,50	54,4	32,3	22,1
Центральная часть троп					
0–5	1,36	2,33	41,6	32,5	9,1
5–10	1,34	2,50	46,4	31,8	14,6
10–20	1,33	2,57	48,3	34,4	13,9
Обочина троп					
0–5	1,21	2,30	47,4	31,0	16,4
5–10	1,25	2,49	49,8	30,4	19,4
10–20	1,33	2,54	47,6	29,3	18,3

Вместе с тем знание только общей пористости не позволяет получить полное представление о физическом состоянии почвы. Это обусловлено тем, что составляющие общую пористость мелкие капиллярные и крупные некапиллярные поры выполняют в почве различные функции. Поэтому для создания в поровом пространстве оптимального соотношения воды и воздуха капиллярная и некапиллярная пористость должны быть примерно равны, составляя порядка 25–30 % от общего объема почвы [4, 11]. Между тем, в уплотненных почвенных слоях троп большая часть порового пространства представлена мелкими капиллярными порами (см. табл. 4).

По мнению А.Г. Дояренко [5], распределение пор по размерам главным образом определяется размером и формой агрегатов. Из этого следует, что разное соотношение между капиллярной и некапиллярной пористостью исследуемых почвенных слоев обусловлено соответствующими различиями их структурного состояния. В свою очередь, плитовидная структура на тропах, вероятно, связана не только с деформационным воздействием, но и со значительной долей капиллярных пор, определяющих высокое содержание влаги. В результате влияния образующихся при ее замерзании линз льда и формируются агрегаты плитовидной формы.

Выводы. Рекреационные нагрузки на парковые леса Академгородка приводят к стихийному образованию многочисленных троп, физические свойства почвы на которых испытывают существенные негативные изменения. Прежде всего, они заключаются в увеличении плотности и уменьшении общей пористости за счет сокращения крупных некапиллярных пор. Во многом это обусловлено ухудшением структуры, что связано с переорганизацией первоначального сложения почвы, которое заключается в деформировании и укрупнении агрегатов.

Исходя из этого, для минимизации негативного рекреационного влияния на почвы, которое может привести к деградации парковых лесов Академгородка, следует проводить благоустройство образовавшейся тропиной сети с целью улучшения ее почвенных физических параметров.

Литература

1. Буренина Т.А. и др. Рекреационные последствия в лесных экосистемах восточного побережья Байкала // Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана) / под ред. А.А. Онучина; Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Красноярск, 2008. – С. 77–112.

2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Вильямс В.Р. Собр. соч.. Т. 7. – М., 1951. – С. 27–30.
4. Воронин А.Д. Основы физики почв: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
5. Дояренко А.Г. Избр. соч. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 495 с.
6. Карпачевский, Л.О. Лес и лесные почвы. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 263 с.
7. Кауричев И.С. и др. Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
8. Качинский Н.А. Физика почвы. – М.: Высш. шк., 1965. – 322 с.
9. Классификации и диагностики почв России / под ред. Л.Л. Шишова [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
10. Масютенко Н.П., Дубовик Е.В. Связь содержания и состава органического вещества чернозема типичного с размером почвенных агрегатов и их водопрочностью // Фундаментальные физические исследования в почвоведении и мелиорации: тр. всерос. конф. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – С. 78–80.
11. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство). – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 196 с.
12. Ревут И.Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1972. – 365 с.
13. Смагин А.В. и др. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. – 2006. – № 5. – С. 603–615.
14. Соколов Л.А., Зеликов В.Д. Изменение свойств почвы в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Лесоведение. – 1982. – № 3. – С. 48–56.
15. Таран И.В., Спиридонов В.Н. Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. – 179 с.
16. Тюлин А.Ф. Вопросы почвенной структуры в лесу (о механизме накопления гумуса в почве под лесом) // Почвоведение. – 1955. – № 1. – С. 33–44.
17. Шугалей Л.С. Влияние рекреации на почвенный покров березняков КАТЭКа // Экологические основы охраны природы Сибири. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1989. – С. 78–84.

Literatura

1. Burenina T.A. i dr. Rekreacionnye posledstviya v lesnyh jekosistemah vostochnogo poberezh'ja Bajkala // Lesa bassejna Bajkala (sostojanie, ispol'zovanie i ohrana) / pod red. A.A. Onuchina; In-t lesa im. V.N. Sukacheva SO RAN. – Krasnojarsk, 2008. – S. 77–112.
2. Vadjunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
3. Vil'jams V.R. Sobr. soch.. T. 7. – M., 1951. – S. 27–30.
4. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv: ucheb. posobie. – M.: Izd-vo MGU, 1986. – 244 s.
5. Dojarenko A.G. Izbr. soch. – M.: Sel'hozizdat, 1963. – 495 s.
6. Karpachevskij L.O. Les i lesnye pochvy. – M.: Lesn. prom-st', 1981. – 263 s.
7. Kaurichev I.S. i dr. Praktikum po pochvovedeniju / pod red. I.S. Kauricheva. – M.: Kolos, 1980. – 272 s.
8. Kachinskij N.A. Fizika pochvy. – M.: Vyssh. shk., 1965. – 322 s.
9. Klassifikacii i diagnostiki pochv Rossii / pod red. L.L. Shishova [i dr.]. – Smolensk: Ojkumena, 2004. – 341 s.
10. Masjutenko N.P., Dubovik E.V. Svjaz' soderzhaniya i sostava organicheskogo veshhestva chernozema tipichnogo s razmerom pochvennyh agregatov i ih vodoprochnost'ju // Fundamental'nye fizicheskie issledovaniya v pochvovedenii i melioracii: tr. vseros. konf. – M.: Izd-vo MGU, 2003. – S. 78–80.
11. Rastvorova O.G. Fizika pochv (prakticheskoe rukovodstvo). – L.: Izd-vo LGU, 1983. – 196 s.
12. Revut I.B. Fizika pochv. – L.: Kolos, 1972. – 365 s.
13. Smagin A.V. i dr. Nekotorye kriterii i metody ocenki jekologicheskogo sostojaniya pochv v svjazi s ozeleleniem gorodskih territorij // Pochvovedenie. – 2006. – № 5. – S. 603–615.
14. Sokolov L.A., Zelikov V.D. Izmenenie svojstv pochvy v lesnyh biogeocenozah s vysokoj rekreacionnoj nagruzkoj // Lesovedenie. – 1982. – № 3. – S. 48–56.
15. Taran I.V., Spiridonov V.N. Ustojchivost' rekreacionnyh lesov. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1977. – 179 s.
16. Tjuln A.F. Voprosy pochvennoj struktury v lesu (o mehanizme nakoplenija gumusa v pochve pod lesom) // Pochvovedenie. – 1955. – № 1. – S. 33–44.
17. Shugalej L.S. Vlijanie rekreacii na pochvennyj pokrov bereznjakov KATJeKa // Jekologicheskie osnovy ohrany prirody Sibiri. – Krasnojarsk: Izd-vo KGU, 1989. – S. 78–84.