

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СУБСТРАТАМИ

Я. А. Дмитрикова, Е. В. Абакумов

*Санкт-Петербургский Государственный университет,
199178, Санкт-Петербург, В.О., 16-я линия, д. 29
· dmitrakovay.a@gmail.com*

Поступила в редакцию 21 февраля 2018 г., принята к печати 26 ноября 2018 г.

В статье рассмотрены основные водно-физические показатели (гидрологические константы): гигроскопическая влажность, максимальная гигроскопическая влажность, полная влагоемкость и наименьшая полевая влагоемкость почв различных экотопов десяти карьерно-отвальных комплексов. Помимо типа материнской породы и срока застывания, исследуемые участки различаются в зависимости от способа их рекультивации (рассмотрены самозастывающие участки на территориях, подверженных только горнотехнической рекультивации, и участки, на которых была проведена как горнотехническая, так и биологическая рекультивация). Установлено, что в целом величины гидрофизических параметров во многом зависят от гранулометрического состава отвальной или другой поверхностной породы. Абсолютные показатели почвенно-гидрологических констант в среднем меньше на карьерах с доминированием песчаных субстратов, карьер по добыче известнякового туфа и известняковые карьеры характеризуются промежуточными величинами, максимальные значения отмечены на участках, на поверхности которых экспонированы песчаные и глинистые породы. При этом в отдельных случаях на величины некоторых показателей в большей степени могут оказывать влияние способ рекультивации и положение участка в рельефе, чем тип почвообразующей породы, что свидетельствует о значительной роли горнотехнической рекультивации в формировании водно-физического режима почв. В частности, на участках, где был нанесен органический субстрат, характеризующийся высокой водоудерживающей способностью, почвы по гидрофизическим свойствам существенно отличаются от почв карьеров с такой же материнской породой.

Ключевые слова: гигроскопическая влажность, влагоемкость почвы, почвенно-гидрологические константы, рекультивация карьерно-отвальных комплексов.

SOIL HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF QUARRY-DUMP COMPLEXES WITH DIFFERENT SUBSTRATES

Ya. A. Dmitrakova, E. V. Abakumov

*Saint-Petersburg State University, Department of applied ecology
29, 16th line of V.I., St. Petersburg, 199178
E-mail: dmitrakovay.a@gmail.com*

The paper considers the main soil hydrological constants (hygroscopic moisture content, maximum hygroscopic content, maximum water holding capacity and field moisture capacity) of soil on different ecotopes of quarry-dump systems with different substrates. It has been found that magnitude of hydrophysical parameters was similar to the data from scientific literature and depended on the texture of the parent material. Absolute values of soil-hydrological constants, on average, were lower in the sandy quarries; calcareous sinter quarry and limestone quarries were characterized by medium values compared to sand and clay quarries. Nevertheless, methods of reclamation and the relief position can have a greater impact on the values of some indicators than the type of soil-forming material. For example, in areas with the application of an organic substrate, which was characterized by a high water-retaining capacity, the soils differed significantly in their hydrophysical properties from the soils of quarries where such material was not applied.

Key words: hygroscopic moisture, soil water capacity, reclamation of quarry-dump systems.

ВВЕДЕНИЕ

Объем воды и количество питательных веществ ограничены в грубо сформированных почвах. Полное удаление почвенного профиля приводит к потере слоя органического вещества, почвенных микроорганизмов, питательных веществ и почвенной нагревательной способности, что в дальнейшем усугубляет проблемы плодородия и водоудерживающей способности почв карьеров

(Harper, Kershaw, 1997; Brady, Weil, 2004). Восстановление растительности также затруднено из-за активной эрозии, происходящей на крутых склонах в течение многих десятилетий после того, как карьер становится заброшенным. Серьезные нарушения в карьерах вызывают замедление растительной сукцессии после отработки, в результате чего она длится до нескольких столетий (Kershaw, Kershaw, 1986; Walker, Walker, 1991). При этом сукцессия растительного покрова значительно опережает

развитие почвы. Например, при развитом растительном покрове к 40-50-летнему возрасту почвы Белгородской области достигают лишь 10% морфологической зрелости фоновых почв (Голеусов, 2003).

Водно-физические свойства почвы – это критические параметры, определяющие ее плодородие. В то же время от них существенно зависит успешное проведение восстановительных мероприятий при рекультивации земель. Свойства субстрата, на котором впоследствии будет формироваться растительный покров, часто непредсказуемы и нуждаются в изучении. В настоящее время о них известно гораздо меньше, чем об агрохимических параметрах карьерно-отвалных комплексов. Формирующиеся почвы существенно различаются в зависимости от наличия структуры и сложения.

Для успешного осуществления рекультивации земель необходимо знать, как изменяются гидрофизические параметры почв карьеров с разными субстратами в зависимости от технологии работ. В процессе разработки месторождений полезных ископаемых и укладки субстрата в отвалы формируются участки, различающиеся по составу, сложению и структуре. Гидрофизические параметры почв могут претерпевать значительные изменения в процессе абиотической трансформации субстрата. Цель данного исследования заключалась в оценке величин почвенно-гидрологических констант на участках карьеров с различными субстратами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на территории десяти карьерно-отвалных комплексов с разными субстратами. Семь из них расположены на территории Ленинградской области: два карьера по добыче известняка в пос. Елизаветино и Печурки, 1 – по добыче известнякового туфа в пос. Пудость, 1 – по добыче фосфорита в Кингисеппском районе и три песчаных карьера в пос. Старая Малукса, Колтуши и Капитолово. В Новгородской области были исследованы два карьера: по добыче огнеупорных глин в Устье-Брынкино и песчаный карьер вблизи г. Окуловка. В Тульской области был исследован известняковый карьер в пос. Ново-Гурово. На каждом карьере по возможности были выделены максимально контрастные экотопы, соответствующие элементарному почвенному ареалу. Характеристика участков представлена в табл. 1. На всех площадках произведены почвенные прикопки и отобраны образцы почв для анализов. В лабораторных условиях согласно общепринятой методике (Рожков и др., 2002) определены гигроскопическая влажность (W_r), максимальная гигроскопическая влажность (W_{mr}), полная влагоемкость (W_n) и наименьшая полевая влагоемкость (W_{nb}).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным результатам, значения гидрологических констант являются наименьшими на карьерах с песчаным субстратом. Следует отметить,

что средние значения на самозарастающих участках и участках, где в ходе рекультивации был нанесен органоминеральный субстрат, существенно различаются. На самозарастающих песчаных карьерах средние значения гигроскопической влажности составили – $0,19\% \pm 0,02$, максимальной гигроскопической влажности – $0,44\% \pm 0,04$, наименьшей влагоемкости – $7,76\% \pm 0,56$, максимальной влагоемкости – $15,61\% \pm 0,98$, а на песчаном карьере в пос. Колтуши, где была проведена рекультивация с использованием органического субстрата, — $2,36\% \pm 0,57$; $4,53\% \pm 1,09$; $42,02\% \pm 6,27$ и $75,95\% \pm 8,49$ соответственно (табл. 2). Полученные результаты согласуются с общепризнанной теорией о низкой влажности песчаных почв, а также свидетельствуют об увеличении водоудерживающей способности почвы при внесении тонкодисперсного материала.

На карьере по добыче огнеупорных глин отмечены максимальные средние значения всех гидрофизических характеристик (табл. 3), что может быть связано с гранулометрическим составом тяжелых почв. Средняя гигроскопическая влажность составила $4,75\% \pm 0,28$, средняя максимальная гигроскопическая влага – $8,29\% \pm 0,40$, средняя водовместимость – $93,95\% \pm 3,13$, наименьшая полевая влагоемкость – $47,99\% \pm 2,31$.

На карьере по добыче фосфоритов ожидалось, что наибольшие значения гидрофизических параметров будут отмечены на первом участке, где при рекультивации была нанесена торфяно-минеральная смесь. Предполагалось, что вследствие внесения органического субстрата, а также в связи со значительной ролью мхов в формировании подстилки и системы органического вещества почв способность абсорбировать влагу значительно увеличится. Согласно полученным результатам, на первом участке значения констант несколько больше, чем на других участках, однако величины сопоставимы, а различия статистически недостоверны.

Карьер по добыче известнякового туфа (табл. 3) и известняковые карьеры (табл. 4) характеризуются средними (промежуточными) величинами по сравнению с самозарастающими песчаными и глиняными карьерами. В среднем максимальная гигроскопическая влажность почв, формирующихся на известняковых карьерах, составила $4,15\% \pm 0,23$, гигроскопическая влажность – $1,91\% \pm 0,11$, полная влагоемкость – $50,58\% \pm 4,35$, наименьшая полевая влагоемкость – $25,33\% \pm 2,58$. При этом выделяется аккумулятивный участок на мягкой вскрыше, куда сносится органическое вещество. Здесь полная влагоемкость составила 141,15%, наименьшая полевая влагоемкость – 86,05, гигроскопическая влажность – 4,45%, максимальная гигроскопическая влажность – 8,38, что выше средних значений. Для всех карьеров различия между гигроскопической влажностью и максимальной гигроскопической влажностью, а также между наименьшей полевой влагоемкостью и полной влагоемкостью статистически достоверны ($p < 0,05$).

Таблица 1. Характеристика исследуемых участков

№ уч-ка	Особенности участка	Кол-во образцов почв, отобранных для анализа
Карьер по добыче известняка (Новогуровский, Тульская область)		
1 2 3	Самозарастающая терраса Самозарастающая терраса Рекультивированная терраса	6
Карьер по добыче известняка (Елизаветино, Ленинградская область)		
1 2 3	Самозарастающее плотное днище, покрытое травянистым сообществом Самозарастающий отвал отсева с зарослями ивы Террасированная щебнистая поверхность, занятая мелколиственным лесом	14
Карьер по добыче известкового туфа (Пудость, Ленинградская область)		
1 2 3	Рыхлый отвал элювия туфа, покрытый ельником Скальное днище, покрытое травянистой растительностью Окраина болота с зарослями ивы	9
Карьер по добыче известняка (Печурки, Ленинградская область)		
7, 9, 10 2 8, 11 5, 6 1, 3, 4, 12	Рекультивированные террасированные участки Самозарастающий террасированный участок Самозарастающее скальное днище карьера, покрытое мхами Самозарастающие аккумулятивные экотопы на мягкой вскрыше Самозарастающие отвалы	33
Карьер по добыче фосфоритов (Кингисеппский район, Ленинградская область)		
1 2 3	Рекультивированный участок под елью Рекультивированный участок под лиственницей Рекультивированный участок под сосной	9
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Капитолово, Ленинградская область)		
1 2 3	Самозарастающий аккумулятивный экотоп Самозарастающая транс-аккумулятивная терраса Самозарастающий элювиальный экотоп	6
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши, Ленинградская область)		
1 2 3 4	Самозарастающий отвал органического субстрата, используемого для горнотехнической рекультивации Рекультивированное днище под мелколиственным лесом Террасированная поверхность, проведена биологическая рекультивация травами Самозарастающий отвал органического субстрата, используемого для рекультивации, с большим количеством мусора	27
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Малукса, Ленинградская область)		
1 2 3 4 5	Самозарастающий отвал, лишенный растительности Самозарастающий террасированный участок с разреженным растительным покровом Самозарастающий террасированный участок под сосняком Самозарастающий террасированный участок под сосняком кустарниково-зеленомошным Фоновый нетронутый участок под сосняком зеленомошным	4 4 5 6 4
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка, Новгородская область)		
1 2	Самозарастающий трансэлювиально-аккумулятивный экотоп, покрытый сосняком Самозарастающее днище, покрытое сосняком	5
Карьер по добыче огнеупорных глин (Устье-Брынкино, Новгородская область)		
1 2 3	Трансэлювиально-аккумулятивный экотоп, проведена биологическая рекультивация травами Отвал, подвергнутый горнотехнической рекультивации и покрытый мелколиственным лесом Нерекультивированный отвал пиритосодержащей породы	24

Таблица 2. Водно-физические свойства почв, формирующихся на песчаных карьерах.

Площадка	Горизонт	W _Г , %	W _{МГ} , %	W _П , %	W _{НВ} , %
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Капитолово, Ленинградская обл.)					
1	AY	0,23	0,55	19,00	10,47
	C	0,12	0,29	12,76	6,34
2	AC	0,21	0,46	17,75	7,33
	C	0,21	0,40	11,53	4,00
3	C	0,11	0,32	9,12	5,21
	C	0,12	0,22	9,19	6,32
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Малукса, Ленинградская обл.)					
1	C	0,22	0,71	12,12	5,17
	C	0,10	0,25	6,56	2,12
	C	0,09	0,16	5,32	,10
	C	0,31	0,71	19,72	9,98
2	AY	0,25	0,61	24,31	11,17
	BF	0,20	0,42	18,15	10,20
	C	0,09	0,20	13,00	6,32
3	(е)	0,25	0,52	17,56	7,78
	BF	0,10	0,33	14,02	8,31
	BC	0,08	0,15	11,18	5,30
	C	0,07	0,19	10,71	6,74
4	E	0,14	0,56	19,90	9,72
	BHF	0,23	0,65	20,23	9,12
	BC	0,11	0,30	11,67	5,34
	C	0,12	0,23	20,23	10,02
5	E	0,19	0,50	24,31	11,12
	BF	0,17	0,40	19,02	9,78
	BC	0,017	0,32	12,18	7,20
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка, Новгородская обл.)					
1	A	0,23	0,63	20,12	13,00
	C	0,41	0,70	17,45	8,67
2	RY	0,50	0,92	21,10	12,11
	C	0,42	0,74	18,97	8,34
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши, Ленинградская обл.)					
1	A	4,12	8,61	95,33	65,80
	A	4,45	8,89	88,92	42,12
2	AY	1,23	2,69	61,01	38,67
	C	0,68	1,43	43,41	20,21
3	AY	2,00	3,43	59,12	29,09
	C	0,46	0,80	54,65	23,89
4	A	1,93	4,24	97,00	50,02
	A	4,00	6,12	108,12	66,36

Таблица 3. Водно-физические свойства почв, формирующихся на карьерах с различными субстратами

1	2	3	4	5	6
Площадка	Горизонт	W _Г , %	W _{МГ} , %	W _П , %	W _{НВ} , %
Карьер по добыче огнеупорных глин (Устье-Брынкино, Новгородская обл.)					
1	AY	5,12	9,02	98,33	52,10
	AC	4,45	7,94	87,34	47,31
	C	6,18	10,04	92,12	40,97
2	AY	3,42	6,35	112,60	60,79
	AC	4,56	7,79	85,48	40,46
	C	4,89	8,34	93,72	47,43
3	C	5,17	9,21	95,80	49,78
	C	4,23	7,65	86,21	45,10
Карьер по добыче фосфоритов (Кингисеппский район, Ленинградская обл.)					
1	AY	4,83	9,15	33,16	17,38
	AC	4,47	8,68	29,61	15,76
2	AY	3,15	6,85	51,01	29,67
	AC	3,12	6,03	54,12	23,01

1	2	3	4	5	6
3	AY	4,13	7,65	42,31	27,33
	ACg	4,33	8,57	36,43	18,10
Карьер по добыче известкового туфа (Пудость, Ленинградская обл.)					
1	A	2,13	5,36	56,03	23,20
	AC	2,31	4,67	58,14	27,03
	C	0,97	1,37	46,21	24,01
2	A	0,88	1,20	70,17	38,70
	AC	1,29	3,88	68,13	36,13
	C	0,96	1,37	55,28	24,12
3	A	3,26	6,58	69,34	37,01
	G	3,47	6,85	81,12	40,13

Таблица 4. Водно-физические свойства почв, формирующихся на известняковых карьерах

Площадка	Горизонт	W _Г , %	W _{МГ} , %	W _П , %	W _{НВ} , %
Карьер по добыче известняка (Елизаветино, Ленинградская обл.)					
1	AC	1,68	3,07	65,12	30,34
	C	1,02	2,10	4,06	1,50
2	AC	1,22	2,34	10,01	6,20
	C	0,98	2,04	5,17	2,67
3	AC	1,07	3,59	18,76	5,27
	C	1,26	2,99	6,34	2,12
Карьер по добыче известняка (Печурки, Ленинградская обл.)					
1	AY	1,95	5,35	44,66	28,29
	C	2,12	5,75	37,98	12,26
	[C]	1,71	2,56	45,26	27,2
2	BF	2,43	5,89	62,11	39,31
	C	1,15	2,14	43,19	19,32
3	AY	2,42	4,85	46,99	27,69
	G	2,25	5,01	73,25	38,29
	Gox	2,61	4,44	66,84	30,88
	C	1,79	3,69	46,74	23,25
4	AY	2,26	4,06	49,37	32,05
	AC	2,01	3,98	51,77	26,42
5	AY	1,73	3,34	73,25	38,22
	C ₁	1,15	3,66	47,53	20,00
	C _{20x}	1,14	3,27	58,20	24,81
6	AY	4,45	8,38	141,15	86,05
	C	1,21	3,43	43,51	19,69
7	AY	3,00	5,06	52,69	29,31
	C	1,98	4,13	42,38	16,19
8	C	0,25	1,17	–	–
9	AC	1,71	3,13	33,15	12,11
10	AY	3,01	5,73	–	–
	C	1,78	3,68	34,05	21,97
11	AC	2,23	5,92	–	–
	C	2,05	5,14	–	–
12	AY	2,00	5,30	44,55	17,90
	C	1,87	5,65	38,02	22,28
Карьер по добыче известняка (Новогуровский, Тульская обл.)					
1	C	2,00	4,12	64,12	28,13
	C	1,21	2,56	68,03	22,78
2	C	1,87	4,01	70,02	39,12
	C	3,78	7,10	72,37	30,04
3	AY	1,59	2,83	66,58	33,25
	AC	1,60	3,12	64,98	29,31
	C	2,03	4,08	78,21	42,45

Весьма часто наиболее приемлемые значения гидрофизических констант отмечаются в верхних органоминеральных слоях, где выше содержание мелкозема. Однако данная тенденция характерна далеко не для всех карьеров, что может быть вызвано неравномерным сложением отвалов, а также несформированностью гидрофизического профиля почв в короткие сроки педогенеза.

Отмечены случаи, когда при относительно высоких значениях полевой и наименьшей влагоемкости величины гигроскопической влажности и максимальной гигроскопичности малы (карьер по добыче известнякового туфа). На карьере по добыче фосфоритов получены противоположные результаты: при относительно низких значениях полевой и наименьшей влагоемкости гигроскопическая влажность и максимальная гигроскопичность достаточно велики (рис.). В первом случае на показатели водовместимости и наименьшей полевой влагоемкости могли оказать влияние высокая пористость известнякового туфа и оструктуренность. Возможно, что способность абсорбировать в больших количествах влагу из воздуха на карьере по добыче фосфоритов определяет значительную роль мхов в формировании органического вещества почвы.

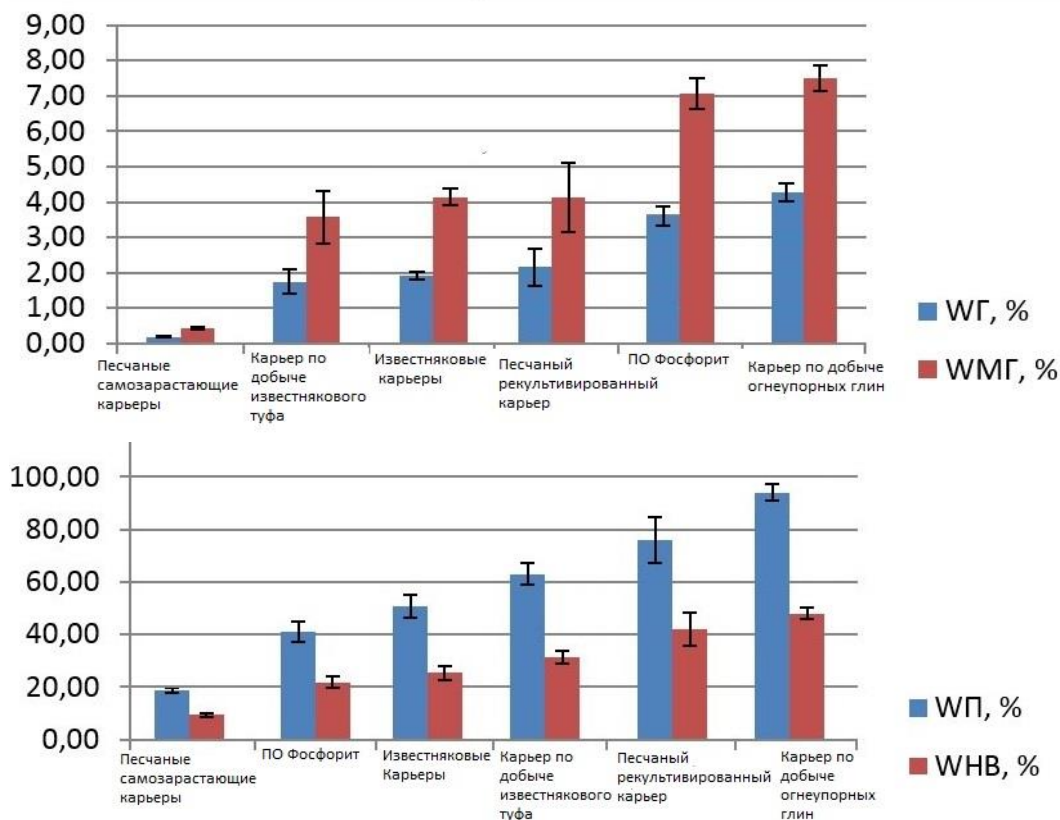


Рис. Средние значения гидрофизических констант на разных карьерах

На первых этапах формирования отвалов появляется большое количество пустот, обусловленных расположением крупнообломочного материала. В них может располагаться свободная вода, доступная для растений. С течением времени пустоты заполняются мелкоземом, а количество свободной воды существенно уменьшается за счет увеличения количества рыхлосвязанной и связанной воды (Францессон, 1949). В процессе развития растительного сообщества и формирования почвенной структуры количество доступной воды может снова увеличиться.

ВЫВОДЫ

Установлено, что полученные значения гидрологических констант разных субстратов согласуются с литературными данными (Глобус, 1969; Kurař et al., 2012) и зависят от гранулометрического состава слагающей породы. Значения гидрологических констант меньше на карьерах с песчаным субстратом, карьер по добыче известнякового туфа и известняковые карьеры характеризуются средними (промежуточными) значениями по сравнению с песчаными и глиняными карьерами. Несмотря на широкий диапазон варьирования значений гидрологических констант, рассмотренные показатели не являются лимитирующими для развития растительных сообществ. При этом на величины некоторых показателей в большей степени может оказывать влияние выбранный способ горнотехнической рекультивации и положение участка в рельефе, чем тип почвообразующей породы. В частности, на участках, где был внесен органический субстрат, характеризующийся высокой водоудерживающей способностью, почвы по гидрофизическим свойствам значительно отличаются от почв карьеров с таким же субстратом. Таким образом, для интенсификации зарастания отвалов при рекультивации и

при оставлении участков под самозарастание можно оптимизировать гидрофизические параметры почв посредством внесения субстратов, содержащих значительное количество органического вещества.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-16-01030.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Глобус А. М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 357 с.
- Голеусов П. В. Формирование почв в различных комбинациях субстратно-фитоценологических условий лесостепной зоны // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1050–1060.
- Качинский Н. А. О структуре почвы и некоторых водных свойствах дифференциальной порозности // Почвоведение. 1947. № 6. С. 336–348.
- Растворова О. Г. Физика почв (Практическое руководство). Л.: ЛГУ, 1983. 192 с.
- Рожков В. А., Бондарев А. Г., Кузнецова И. В., Рахматуллоев Х. Р. Физические и водно-физические свойства почв. Учебно-методическое пособие. М.: МГУЛ, 2002. 73 с.
- Францессон В. А. О максимальной гигроскопичности и связанной воде в черноземных почвах // Труды Юбилейной сессии, посвященной памяти В.В. Докучаева. М.-Л., 1949.
- Brady N. C., Weil R. R. Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ. 2004.
- Kershaw G. P., Kershaw L. J. Ecological Characteristics of 35 year old crude-oil spills in tundra plant communities of the Mackenzie Mountains, N.W.T. // Canadian Journal of Botany, 1986, v. 64, pp. 2935–2947.
- Kuráž V., Frouz J., Kuráž M., Mako A., Shustr V., Cejpek J., Romanov O. V., Abakumov E. V. Changes in some physical properties of soils in the chronosequence of self-overgrown dumps of the Sokolov quarry-dump complex, Czechia // Eurasian Soil Science, 2012, no. 45(3), pp. 266–272.
- Harper K. A., Kershaw G. P. Soil Characteristics of 48-Year-Old Borrow Pits and Vehicle Tracks in Shrub Tundra along the CANOL // Arctic and Alpine Research, 1997, v. 29, no. 1, pp. 105–111.
- Walker D. A., Walker M. D. History and Pattern of Disturbance in Alaskan Arctic Terrestrial Ecosystems: A Hierarchical Approach to Analyzing Landscape Change // Journal of Applied Ecology, 1991, no. 28, pp. 244–276.

REFERENCES

- Globus A. M. *Eksperimental'naya gidrofizika pochv*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. 357 p.
- Goleusov P.V. Formirovanie pochv v razlichnykh kombinatsiyah substratno-fitocenoticheskikh uslovij lesostepnoj zony // *Pochvovedenie*, 2003, no. 9, pp. 1050–1060.
- Kachinskij N.A. O strukture pochvy i nekotorykh vodnykh svojstvakh differen-cial'noj poroznosti // *Pochvovedenie*, 1947, no. 6, pp. 336–348.
- Rastvorova O. G. *Fizika pochv (Prakticheskoe rukovodstvo)*. Leningrad: Publishing house Leningrad State University, 1983. 192 p.
- Rozhkov V. A., Bondarev A. G., Kuznecova I. V., Rahmatulloev H. R. *Fizicheskie i vodno-fizicheskie svojstva pochv. Uchebno-metodicheskoe posobie*. Moscow: Publishing house MGUL, 2002. 73 p.
- Francesson V. A. *O maksimal'noj gigroskopichnosti i svyazannoj vode v chernozemnykh pochvakh* // *Trudy Yubilejnoj sessii, posvyashchennoj pamyati V. V. Dokuchaeva*. Moscow – Leningrad, 1949.
- Brady N. C., Weil R. R. Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ. 2004.
- Kershaw G. P., Kershaw L. J. Ecological Characteristics of 35 year old crude-oil spills in tundra plant communities of the Mackenzie Mountains, N.W.T. // Canadian Journal of Botany, 1986, v. 64, pp. 2935–2947.
- Kuráž V., Frouz J., Kuráž M., Mako A., Shustr V., Cejpek J., Romanov O. V., Abakumov E. V. Changes in some physical properties of soils in the chronosequence of self-overgrown dumps of the Sokolov quarry-dump complex, Czechia // Eurasian Soil Science, 2012, no. 45(3), pp. 266–272.
- Harper K. A., Kershaw G. P. Soil Characteristics of 48-Year-Old Borrow Pits and Vehicle Tracks in Shrub Tundra along the CANOL // Arctic and Alpine Research, 1997, v. 29, no. 1, pp. 105–111.
- Walker D. A., Walker M. D. History and Pattern of Disturbance in Alaskan Arctic Terrestrial Ecosystems: A Hierarchical Approach to Analyzing Landscape Change // Journal of Applied Ecology, 1991, no. 28, pp. 244