

УДК 631\*437+ 571.56

## МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ КАТЕНА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

А. П. Чевычелов, А. А. Алексеев, Л. И. Кузнецова

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН  
677980, Якутск, просп. Ленина, 41*

E-mail: chev.soil@list.ru, alex3.fromru@gmail.com, likkol@yandex.ru

*Поступила в редакцию 23.12.2020 г.*

Впервые изучена магнитная восприимчивость (МВ) трех типов мерзлотных лесных почв (палевых, палево-бурых и подзолистых), формирующихся на многолетнемерзлых почвообразующих породах в условиях криоаридного климата Центральной Якутии. Отмечено, что исследуемые мерзлотные почвы развиваются в пределах различных высотных геоморфологических уровней древней аллювиальной Центрально-Якутской равнины и образуют снизу вверх, т. е. с повышением абсолютной высоты местности, закономерный зональный ряд: палевые серые – палевые типичные и осолоделые – палевые выщелоченные – палево-бурые типичные – палево-бурые оподзоленные и подзолистые почвы. При этом в данном ряду зональных почв также закономерно уменьшается величина значений их объемных (ОМВ) и удельных (УМВ) магнитных восприимчивостей в связи с увеличением интенсивности проявления элювиальных почвенных процессов, таких как осолодение и оподзоливание в генезисе данных почв. Средневзвешенные значения удельной магнитной восприимчивости, рассчитанные для 9 разрезов исследуемых мерзлотных лесных почв с учетом отдельных величин УМВ и мощности их генетических горизонтов, изменялись для палевых почв в пределах 21.6–42.1, палево-бурых – 3.9–12.4, подзолистых –  $1.8\text{--}5.7 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. Установлено, что на основании определенных значений ОМВ данных почв все исследуемые типы мерзлотных лесных почв Центральной Якутии относятся к группе маломангнитных и отличаются величинами объемной магнитной восприимчивости, не превышающими  $100 \times 10^{-5}$  ед. Си. Среди исследуемых педонов зональных лесных почв Центральной Якутии отмечаются различные типы их магнитных профилей, которые определяются географо-генетическими особенностями данных почв.

**Ключевые слова:** *криоаридный климат, мощность генетических горизонтов, географо-генетические особенности.*

DOI: 10.15372/SJFS20210203

### ВВЕДЕНИЕ

Магнитная восприимчивость (МВ) почв является универсальным показателем, который успешно используется в почвоведении в России и за рубежом при решении почвенно-генетических и почвенно-экологических задач (Mullins, 1977; Бабанин и др., 1995; Jong et al., 2000; Водяницкий, Шоба, 2015; Vodyanitskiy, Shoba, 2015; Wojas, 2017 и др.). Между тем необходимо констатировать, что если магнитные свойства отдельных типов почв природных и антропогенных ландшафтов европейской территории России изучены достаточно полно, то

МВ лесных почв Сибири, в особенности мерзлотно-таежной области, исследована фрагментарно и недостаточно. Это особенно актуально для таких территорий мерзлотной области, как Центральная Якутия, где лесные почвы формируются в уникальных ландшафтно-климатических условиях (Уткин, 2006; Чевычелов и др., 2009; Chevychelov et al., 2009; Васильева, 2016).

Цель работы – изучение магнитной восприимчивости трех типов зональных мерзлотных лесных почв Центральной Якутии (палевых, палево-бурых и подзолистых) в зависимости от их географо-генетических особенностей. Данные исследования на территории мерзлотно-таежной

области проведены впервые, а их результаты, по нашему мнению, имеют существенное значение в изучении генезиса почв криолитозоны России.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в районе г. Якутска на многолетнемерзлых почвообразующих породах в условиях криоаридного климата Центральной Якутии. Климат г. Якутска и его окрестностей резко континентальный с длительной, крайне морозной и малоснежной зимой, с коротким относительно жарким и засушливым летом. При этом среднемесячная температура июля составляет +18.7 °С, января – –43.2 °С, среднегодовая температура –10.3 °С, среднегодовое количество осадков 234 мм, количество

осадков за вегетационный период 143 мм, испаряемость 502 мм, коэффициент увлажнения 0.3, коэффициент континентальности 302 и сумма активных температур ( $\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 1565 °С (Чевычелов и др., 2009; Chevychelov et al., 2009). Всего изучено 9 почвенных разрезов, заложенных на Средней Лене в пределах различных геоморфологических уровней Центрально-Якутской равнины (табл. 1).

В процессе проведенных работ применяли различные почвенные методы исследований, такие как сравнительно-географический и сравнительно-аналитический (Роде, 1971), профилльно-генетический (Розанов, 1983), а состав и свойства почв определяли по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970; Вадюнина, Корчагина, 1973; Воробьева, 1989). Диагностику и

**Таблица 1.** Географические и морфологические характеристики мерзлотных лесных почв Центральной Якутии

№ разреза, почва	Географические координаты, с. ш., в. д., высота над ур. м., м	Место заложения	Морфологическое строение
6Т-05, палевая осолодевшая	61°48'9.0", 129°32'31.4", 234.1	Средний уровень аллювиальной равнины, лиственничник с березой <i>Betula L.</i> разнотравно-брусничный	A0 (0–2) – A1A1 (2–12) – A2 (10–22) – B (22–43) – Bca (43–56) – BCca (56–102) – C (102–133 см)
6А-05, палевая выщелоченная	60°55'36.0", 128°45'06.0", 419	Верхний уровень аллювиальной равнины, лиственничник с березой кустарничковый	A (0–7) – АВ (7–17) – В (17–47) – ВС (47–84) – С (84–129 см)
8БС-18, палевая серая	62°01'28.3", 129°36'52.4", 97.8	II надпойменная терраса р. Лена, березняк разнотравный	0 (0–3) – A0 (3–8) – A (8–24) – АВca (24–40) – Bca (40–62) – BC (62–100) – C (100–110 см)
3ЧТ-03, палево-бурая оподзоленная	62°05'17.9", 129°12'58.3", 253.9	Верхний уровень аллювиальной равнины, сосняк с лиственницей <i>Larix Mill.</i> лишайниково-кустарничковый	A0A1 (0–4) – A1A2 (4–9) – A2B (9–21) – B1 (21–53) – BC (53–86) – C (86–144 см)
4Т-05, палево-бурая оподзоленная	61°50'03.4", 129°31'17.2", 237.7	Средний уровень аллювиальной равнины, сосняк мертвопокровный	A0 (0–2) – A1A2 (2–8) – B1f (8–28) – B2f (28–49) – BCf (49–81) – C (81–95 см)
4ЧТ-04, палево-бурая типичная	61°54'47.0", 129°30'09.2", 217	Средний уровень аллювиальной равнины, сосняк с лиственницей кустарничковый	A0 (0–3) – A0A1 (3–11) – A1 (11–25/34) – Bf (25/34–62) – C (62–104 см)
1ВТр-11, подзол псевдофибровый	62°04'35.1", 129°26'41.3", 211	Средний уровень аллювиальной равнины, сосняк с лиственницей мохово-лишайниково-кустарничковый	A0 (0–3) – A1(3–6/8) – A2 (6/8–25/30) – Bt, f (25/30–40/50) – B (40/50–75) – BC (75–125) – C (125–138 см)
2ВТр-11, подзол иллювиально-железистый	62°04'33.0", 129°26'41.6", 208	Средний уровень аллювиальной равнины, сосняк с лиственницей мохово-лишайниково-кустарничковый	0 (0–2) – A0A1 (2–5) – A2 (5–18) – B1f (18–44) – B2f (44–70) – BC (70–110) – C (110–125)
2Жэн-09, подзол псевдофибровый	62°44'28.0", 129°01'30.0", 155	Средний уровень аллювиальной равнины, сосняк лишайниково-кустарничковый	A0 (0–1.5) – A1A2 (1.5–11) – A2' (11–17) – A2» (17–32/37) – Bt, f (32/37–34/39) – Bf (34/39–65) – BCf (65–109) – C (109–120 см)

классификацию исследуемых типов почв устанавливали согласно принципам и критериям диагностики и классификации мерзлотных почв Якутии (Еловская, 1987).

Объемную магнитную восприимчивость (ОМВ) определяли на малогабаритном измерителе магнитной восприимчивости КМ-7, который является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 чешского производителя StatisGeo. Каппаметр КМ-7 характеризуется высокой чувствительностью ( $1 \times 10^{-6}$  ед. Си) и превосходной точностью измерений. Величину удельной магнитной восприимчивости ( $\chi$ ) получали путем деления значения ОМВ на плотность почвы  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, т. е.  $\chi = \chi/\rho$ . Размерность удельной магнитной восприимчивости (УМВ) –  $10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг (Водяницкий, Шоба, 2015; Vodyanitskiy, Shoba, 2015).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

А. К. Коноровский (1979, 1990) выделяет в пределах Центральной Якутии 3 почвенные зоны, закономерно сменяющие друг друга с продвижением сверху вниз вдоль бортов Центрально-Якутской равнины, которую также определяют как Якутскую котловину (Герасимова, 2007):

1. Таежная зона мерзлотно-таежных типичных и мерзлотных дерново-карбонатных почв, которые являются азональными и замещают зональные почвы на кембрийских карбонатных породах (абсолютная высота 270–300 м над ур. м.).

2. Таежно-аласная зона мерзлотных таежных палевых осолоделых и мерзлотных черноземно-луговых почв (от 140 до 250–270 м).

3. Степная зона мерзлотных черноземов низких надпойменных террас рек (100–140 м).

При этом выделение первой зоны обусловлено широтным зональным изменением физико-географической среды, а двух последних – значительным влиянием котловинного эффекта, нарушающего широтную зональность на территории Центральной Якутии. Отметим также, что по современной терминологии мерзлотно-таежные почвы определяются как палево-бурые (Еловская, 1987).

Согласно классификации типов воздействия макрорельефа на изменение климата Центрально-Якутская равнина относится к депрессионным ороклиматогенным комплексам. Депрессионное воздействие макрорельефа на климат проявляется во влиянии обширных понижений, расположенных среди больших равнин. В пределах Центрально-Якутской депрессии с про-

движением от центра днаща вверх по склонам бортов прилегающих водоразделов уменьшаются испаряемость, сумма активных температур и коэффициент континентальности и в то же время увеличиваются среднегодовая температура воздуха, среднегодовое количество осадков и коэффициент увлажнения. Причем средние изменения данных показателей на 100 м подъема высоты соответственно составляют 85 °С, 30 мм, 15, +0.7 °С, +27 мм, 0.06 (Скрыбыкина, Чевычелов, 2003).

При этом в пределах исследованной зональной почвенной катены в данном направлении наблюдается закономерная смена типов почвообразования от дернового (луговостепного) к дерново-лесному (лесостепному) и таежному (таежно-лесному) (Чевычелов и др., 2009; Chevychelov et al., 2009). Расширив это представление, мы получим почвенную катену, в которой зональные типы (подтипы) будут закономерно сменяться снизу вверх, образуя следующий ряд мерзлотных лесных почв: палево-серые – палево-типичные и осолоделые – палево-выщелоченные – палево-бурые типичные – палево-бурые оподзоленные и подзолистые почвы. Мерзлотные подзолистые почвы в пределах изучаемой почвенной катены Центральной Якутии в силу специфики природных условий не образуют отдельной почвенной зоны, а формируют сочетания с палево-бурыми оподзоленными почвами на наиболее прогреваемых местоположениях рельефа и развиваются под сосновыми фитоценозами на бедных по химическому составу преимущественно песчаных почвообразующих породах (Соколов и др., 1969; Скрыбыкина, 2017).

В соответствии с географическими условиями почвообразования изменяются и физико-химические свойства исследуемых мерзлотных лесных почв (табл. 2–4).

На специфику условий почвообразования, свойств и состава палево-бурых почв Центральной Якутии ранее уже неоднократно указывалось (Еловская, Коноровский, 1978; Соколов, Туркина, 1979; Еловская, 1987; Десяткин и др., 2011; Desyatkin et al., 2011; Саввинов, 2013). Данные почвы, как правило, формируются на карбонатных лессовидных суглинках под листовенниками разнотравно-брусничными на нижнем и среднем уровнях аллювиальной равнины и отличаются ярко выраженным проявлением дернового процесса, что особенно характерно для подтипа палево-серых почв. Изучаемые палево-бурые почвы исходя из значений  $pH_{n_{20}}$  харак-

**Таблица 2.** Физико-химические свойства мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	pH <sub>n20</sub>	Гумус, % (ППП)*	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы				Сумма частиц, %		СО <sub>2</sub> , карбонатов, %
				Са <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	< 0.001	< 0.01	
								мм		
<i>Палевая осолодевшая, разрез 6Т-05</i>										
A1A2	2–10	5.9	6.2	14.2	5.0	1.5	0.9	7.7	15.7	Н. о.
A2	10–22	6.0	0.6	6.3	1.6	1.3	0.7	7.5	14.8	»
B	30–40	6.1	0.6	11.4	7.0	1.3	0.3	22.6	30.8	»
Vca	45–55	7.8	0.6	9.5	5.7	1.3	0.2	18.5	26.2	2.4
BCca	70–80	7.6	0.5	–	–	–	–	17.8	25.6	1.1
C	110–120	7.4	–	–	–	–	–	14.8	23.2	»
<i>Палевая выщелоченная, разрез 6А-05</i>										
A	0–7	5.2	10.9	30.6	39.7	6.0	7.4	21.0	40.2	Н. о.
AB	7–17	5.2	2.6	14.1	26.9	2.3	5.7	25.8	50.2	»
B	30–40	6.2	0.8	15.3	16.3	1.8	1.6	31.0	56.2	»
BC	60–70	7.4	0.4	20.2	18.0	2.2	0.4	28.7	51.5	»
C	110–120	7.7	0.1	16.4	11.8	2.0	0.2	26.0	42.6	»
<i>Палевая серая, разрез 8БС-18</i>										
A0	3–8	6.1	51.6*	52.4	22.4	–	0.1	–	–	Н. о.
A	10–20	5.9	13.9	15.8	7.9	–	Н. о.	11.7	25.5	»
ABca	25–35	8.9	1.1	11.2	8.1	–	»	18.0	40.0	4.2
Vca	45–55	9.0	0.5	9.1	6.1	–	»	16.3	34.7	4.3
BC	75–85	8.6	0.4	11.4	8.1	–	»	13.3	26.4	»
C	100–110	9.2	0.1	4.0	1.7	–	»	3.3	6.4	»

Примечание. Здесь и далее: Н. о. – не обнаружено, прочерк – значение показателя не определено. \* ППП – здесь и в табл. 3 и 4 приведено значение потери при прокаливании.

**Таблица 3.** Физико-химические свойства мерзлотных палево-бурых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	pH		Гумус, % (ППП)*	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы				Сумма частиц, %	
		H <sub>2</sub> O	KCl		Са <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	< 0.001	< 0.01
									мм	
<i>Палево-бурая оподзоленная, разрез 3ЧТ-03</i>										
A0A1	0–4	5.0	5.0	40.6*	36.2	14.3	2.5	Н. о.	–	–
A1A2	4–9	4.8	3.7	6.2	5.0	3.0	0.9	0.8	10.7	18.5
A2B	10–20	4.8	3.6	1.3	1.9	1.6	0.4	1.1	8.7	24.2
B	30–40	4.1	3.0	0.7	5.7	3.0	0.6	1.0	18.5	36.0
BC	60–70	5.0	4.3	0.5	2.1	1.5	0.3	0.1	4.6	17.6
C	120–130	6.4	5.1	0.1	2.1	1.2	0.3	0.1	3.3	5.0
<i>Палево-бурая оподзоленная, разрез 4Т-05</i>										
A0	0–2	5.5	4.9	–	58.2	6.9	5.2	10.1	–	–
A1A2	2–8	5.9	5.1	4.2	10.7	1.7	0.6	2.5	5.0	10.3
B1f	12–22	5.7	4.2	0.8	3.8	1.5	0.3	1.1	5.1	8.6
B2f	35–45	5.4	3.8	0.4	4.7	0.6	0.4	0.9	11.2	13.4
BCf	60–70	5.8	4.4	0.3	4.1	0.2	0.1	0.9	6.6	8.1
C	83–93	5.7	4.4	0.2	–	–	–	–	6.2	6.9
C	110–120	6.0	4.7	0.1	–	–	–	–	3.5	4.0
<i>Палево-бурая типичная, разрез 4ЧТ-04</i>										
A0	0–3	5.3	4.7	73.5*	43.4	14.5	10.3	7.9	–	–
A	3–11	4.7	3.8	6.4	8.5	4.5	2.3	3.7	5.6	8.9
Bf	14–24	5.7	4.5	0.9	8.3	3.7	1.2	0.9	6.1	9.6
BC	45–55	5.2	4.1	0.7	3.3	0.9	1.1	0.3	13.9	19.1
C	75–85	4.3	3.4	0.6	–	–	–	–	17.4	25.3

**Таблица 4.** Физико-химические свойства мерзлотных подзолистых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	рН		Гумус, % (ППП)*	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы				Сумма частиц, %	
		H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H <sup>+</sup>	Сумма	< 0.001	<0.01
									мм	
<i>Подзол псевдофибровый, разрез 1ВТр-11</i>										
A0	0–3	5.0	4.2	64.9*	–	–	–	–	–	–
A1	3–6	4.8	4.0	13.6	6.8	3.4	1.6	11.8	4.5	8.8
A2	12–17	4.0	3.0	2.2	1.9	0.9	1.3	4.1	4.5	10.3
A2	19–24	4.4	3.1	1.8	2.6	1.2	0.7	4.5	4.1	9.2
Bt, f	30–40	3.9	2.8	1.4	5.8	3.5	2.2	11.5	16.6	22.6
B	60–70	4.5	3.3	1.2	7.8	3.7	0.5	12.0	11.7	13.5
BC	90–100	5.0	3.8	0.9	5.5	3.1	0.2	8.8	8.6	11.6
C	125–135	5.8	4.2	0.4	4.6	3.5	0.2	8.3	6.1	8.9
<i>Подзол иллювиально-железистый, разрез 2ВТр-11</i>										
0	0–2	4.6	3.9	81.4*	–	–	–	–	–	–
A0A1	2–5	4.5	3.4	41.7*	9.5	3.8	5.1	18.4	4.7	11.7
A2	8–18	4.7	3.3	2.5	2.1	0.6	0.5	3.2	2.2	4.5
B1f	20–30	4.8	3.5	2.2	2.9	0.9	0.6	4.4	3.9	8.2
B2f	55–65	5.1	3.9	1.1	2.8	1.5	0.4	4.7	5.1	6.6
BC	80–90	6.0	4.1	1.0	2.7	1.6	0.3	4.6	5.5	6.5
C	110–120	6.4	4.4	0.7	2.6	1.0	0.3	3.9	2.9	3.7
<i>Подзол псевдофибровый, разрез 2Кэн-09</i>										
A0A1	0–1.5	5.2	4.7	22.4*	–	–	–	–	–	–
A1A2	1.5–11	5.9	5.0	5.6	3.4	0.7	0.3	4.4	3.6	7.6
A2'	11–17	5.4	4.3	2.3	2.1	1.2	0.4	3.7	3.6	7.9
A2''	30–32	5.2	4.2	2.5	1.9	0.8	0.3	3.0	2.9	7.4
Bt, f	40–50	5.3	3.6	2.5	2.9	1.3	0.6	4.8	9.1	12.5
C	70–80	5.5	4.0	1.0	2.8	1.1	0.5	4.4	4.7	7.3

теризуются двучленным: верхним слабокислым и нижним слабощелочным и щелочным профилем, высоким и средним количеством гумуса в гор. A1(A1A2) и его резко убывающим содержанием, насыщенностью почвенно-поглощающего комплекса (ППК) обменными катионами и присутствием в их составе катиона Na<sup>+</sup>, а также преимущественно суглинистым гранулометрическим составом минеральных почвенных горизонтов. При этом в ППК палево-выщелоченных и осолоделых почв (см. табл. 2, разр. 6А-05 и 6Т-05) также присутствует обменный H<sup>+</sup>, количество которого возрастает с увеличением интенсивности элювиальных почвенных процессов. Максимальное количество подвижных карбонатов в данных почвах обычно приурочено к аккумулятивно-карбонатному гор. Vca, а в подтипе палево-выщелоченных почв последние удалены за пределы почвенного профиля.

Палево-бурые почвы в отличие от палево-кислых, отличаются более легким супесчано-легкосуглинистым гранулометрическим составом и формируются на аллювиальных

сильновыветренных песчаных отложениях верхнего и среднего уровней аллювиальной равнины. Значения рН<sub>н2о</sub> в верхних горизонтах обычно кислые, а в нижних горизонтах почвенного профиля слабокислые. Данные почвы, как и палево-бурые, содержат в ППК помимо поглощенных оснований Ca<sup>+2</sup> и Mg<sup>+2</sup> обменный Na<sup>+</sup> и H<sup>+</sup>, причем содержание последнего обычно возрастает в ППК оподзоленных подтипов палево-бурых почв. В этих подтипах почв зачастую отмечается элювиально-иллювиальное внутрипрофильное распределение фракций физической глины и ила. Содержание гумуса в гор. A1(A1A2) преимущественно среднее и резко убывающее с глубиной (см. табл. 3).

Мерзлотные подзолистые почвы Центральной Якутии, как и палево-бурые оподзоленные, развиваются на сильновыветренных песчаных отложениях плейстоценового возраста. Согласно исследованиям Т. И. Васильевой (2016), данные почвообразующие породы в минералогическом отношении состоят в основном из кварца с незначительным содержанием палево-

Таблица 5. Магнитная восприимчивость мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

№ разреза, почва	Горизонт	Глубина, см	$\chi, n \times 10^{-5}$ ед. Си	$P, n \times 10^3$	$\chi, n \times 10^{-8}$	$\chi/\chi_c$
				кг/м <sup>3</sup>		
6Т-05, палевая осолодевая	A1A2	2–10	23.5	1.06	22.2	1.6
	A2	10–22	31.9	1.26	25.3	1.8
	B	30–40	25.0	1.23	20.3	1.5
	Bca	45–55	22.1	1.28	17.3	1.3
	BCca	70–80	35.9	1.29	27.8	2.0
	C	110–120	17.3	1.26	13.7	1.0
	Среднее*				21.6	
6А-05, палевая выщелоченная	A	0–7	23.1	0.78	29.6	1.8
	AB	7–17	21.4	1.06	20.2	1.2
	B	30–40	20.5	1.22	16.8	1.0
	BC	60–70	41.2	1.32	31.2	1.9
	C	110–120	21.9	1.35	16.2	1.0
	Среднее*				23.3	
8БС-18, палевая серая	A0	3–8	3.6	0.44	8.2	0.1
	A	10–20	11.3	1.02	11.1	0.2
	ABca	25–35	39.3	1.21	32.5	0.5
	Bca	45–55	54.6	1.21	45.1	0.7
	BC	75–85	69.6	1.24	56.1	0.9
	C	100–110	85.2	1.34	63.6	1.0
		Среднее*				42.1

шпатов. Ранее подзолистые почвы с элювиальными гор. А2 мощностью 5–6 см на территории Центральной Якутии были описаны и изучены в пределах Лено-Вилуйской равнины (Соколов и др., 1969). Впоследствии аналогичные почвы, но с более мощными гор. А2 (13–26 см) были описаны и исследованы на Средней Лене в пределах Центрально-Якутской равнины и по совокупности свойств определены как подзолы. Выдвинута гипотеза формирования полнопрофильных подзолов в исследуемом регионе за счет кратковременного поздневесеннего надмерзлотного переувлажнения оттаявшего слоя, сопровождающегося процессами оглеения и кислотного гидролиза с последующим выносом тонкодисперсных продуктов почвообразования в нижележащие горизонты почвенного профиля (Скрыбыкина, 2017).

Подзолистые почвы Центральной Якутии по сравнению с палево-бурыми оподзоленными характеризуются еще более кислой реакцией среды и еще более легким песчано-супесчаным гранулометрическим составом. Содержание гумуса в минеральных горизонтах гумусового профиля оценивается в основном как низкое или очень низкое и резко убывающее (Орлов и др., 1985). В отличие от палевых и палево-бурых почв не содержат в ППК обменный  $\text{Na}^+$ , что однозначно указывает на их большую выщелоченность или оподзоленность. Вместе с тем в изучаемых

подзолистых почвах максимальное содержание обменного  $\text{H}^+$  составляет 28–32 % от суммы поглощенных оснований, что значительно меньше, чем в подзолах, формирующихся в гумидных районах России. Внутривертикальное распределение мелкодисперсных фракций ила и физической глины реализуется по элювиально-иллювиальному типу, но при этом степень дифференциации гранулометрического состава их почвенных профилей незначительная (см. табл. 4). Все эти провинциальные особенности подзолистых почв Центральной Якутии, формирующихся в условиях криоаридного климата, указывают на то, что подзолистый процесс или альфегумусовое оподзоливание в их генезисе проявляется с меньшей интенсивностью, чем в аналогичных почвах более увлажненных районов таежно-лесной зоны России.

Значения ОМВ и УМВ гор. С изучаемых мерзлотных палевых почв Центральной Якутии изменяются в пределах  $17.3\text{--}85.2 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $13.7\text{--}63.6 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг соответственно, т. е. почти в 5 раз (табл. 5).

При этом максимальные величины МВ отмечаются в почвообразующей породе палевой серой почвы разр. 8БС-18, развивающейся на песчаных отложениях нижнего уровня аллювиальной равнины, представленных полимиктовыми песками голоценового возраста, наиболее обогащенными магнитными минералами. Носи-

**Таблица 6.** Магнитная восприимчивость мерзлотных палево-бурых почв Центральной Якутии

№ разреза, почва	Горизонт	Глубина, см	$\chi, n \times 10^{-5}$ ед. Си	$P, n \times 10^3$	$\chi, n \times 10^{-8}$	$\chi/\chi_c$
				кг/м <sup>3</sup>		
ЗЧТ-03, палево-бурая оподзоленная	A0	0–4	4.8	0.60	8.0	5.3
	A1	4–9	24.8	1.11	22.4	14.9
	A1A2	10–20	43.7	1.19	36.7	24.5
	A2B	30–40	43.7	1.33	32.8	21.9
	BC	60–70	3.0	1.60	1.9	1.3
	C	120–130	2.3	1.57	1.5	1.0
		Среднее*			12.4	
4Т-05, палево-бурая оподзоленная	A0	0–2	3.6	0.54	6.7	1.7
	A1A2	2–8	4.9	1.13	4.3	1.1
	B1f	12–22	6.5	1.46	4.4	1.1
	B2f	35–45	10.4	1.39	7.5	1.9
	BCf	60–70	8.9	1.45	6.1	1.6
	C	83–93	5.7	1.47	3.9	1.0
		Среднее*			5.6	
4ЧТ-04, палево-бурая типичная	A0	0–3	1.4	0.38	3.7	0.9
	A	3–11	2.5	0.92	2.7	0.7
	Bf	14–24	6.4	1.49	4.3	1.1
	BC	45–55	4.5	1.27	3.5	0.9
	C	75–85	4.8	1.20	4.0	1.0
		Среднее*			3.9	

телем данных минералов в основном является фракция мелкого песка (0.25–0.01 мм) мелкозема изучаемой почвы, поэтому между значениями УМВ и содержанием частиц данной фракции установлена положительная корреляционная зависимость ( $r = 0.507$ ). Почвообразующие породы палевой осолоделой и выщелоченной почв, представленные суглинистыми аллювиальными отложениями среднего и верхнего уровня аллювиальной равнины, характеризуются сходными величинами ОМВ и УМВ, составляющими соответственно  $17.3\text{--}21.9 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $13.7\text{--}16.2 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. Поэтому и средневзвешенные значения УМВ, рассчитанные для данных подтипов палевых почв, составляющие близкие значения  $21.6\text{--}23.3 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, оказались почти в 2 раза меньше такового ( $42.1 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг), определенного для палевой серой почвы. Для данных подтипов палевых почв отмечаются и разные типы их магнитных профилей, когда значения отношения  $\chi/\chi_c$  вверх по профилю либо возрастают, либо убывают по отношению к почвообразующей породе (см. табл. 5).

Почвообразующие породы мерзлотных палево-бурых почв, представленные сильновыветренными песчаными отложениями среднего и верхнего уровней аллювиальной равнины плейстоценового возраста, отличаются существенно более низкими значениями ОМВ и УМВ по сравнению с таковыми палевой серой поч-

вы, сформированной на полимиктовых песках нижнего уровня равнины. При этом указанные выше величины магнитной восприимчивости гор. С палево-бурых почв уменьшаются в 20 и 17 раз соответственно. Поэтому средневзвешенные значения УМВ изучаемых палево-бурых почв по сравнению с таковыми палевых уменьшаются в 3–5 раз (см. табл. 5, 6).

Влияние преобладающих элементарных почвенных процессов в палево-бурых почвах, таких как внутрисочвенное оглинивание и оподзоливание, приводят к существенной перестройке органо-минерального магнитного каркаса данных почв по сравнению с палевыми, при этом носителем их магнитных свойств уже выступают мелкодисперсные фракции почвенного мелкозема, т. е. ил и физическая глина. Поэтому не случайно для данных почв разр. ЗЧТ-03 и 4ЧТ-05 установлены статистически достоверные ( $n = 6, p = 0.95, r_{st} = 0.811$ ) корреляционные связи между значениями УМВ и содержанием частиц ила (< 0.001 мм) и физической глины (< 0.01 мм), когда коэффициенты корреляции составляли 0.810 и 0.907 соответственно, а также 0.920 и 0.855.

В палево-бурых оподзоленных почвах влияние процесса оподзоливания приводит к относительному уменьшению значений их магнитной восприимчивости в элювиальных и увеличению таковых в иллювиальных горизонтах почв.

Таблица 7. Магнитная восприимчивость мерзлотных подзолистых почв Центральной Якутии

№ разреза, почва	Горизонт	Глубина, см	$\chi, n \times 10^{-5}$ ед. Си	$P, n \times 10^3$	$\chi, n \times 10^{-8}$	$\chi/\chi_c$
				кг/м <sup>3</sup>		
1ВТр-11, подзол псевдо- фибровый	A0	0–3	2.1	0.50	4.2	3.0
	A1	3–6	4.5	0.98	4.6	3.3
	A2	12–17	5.7	1.35	4.2	3.0
	A2	19–24	9.8	1.51	6.5	4.6
	Bt, f	30–40	8.1	1.29	6.3	4.5
	B	60–70	2.3	1.29	1.8	1.3
	BC	90–100	2.1	1.31	1.6	1.1
	C	125–135	1.9	1.32	1.4	1.0
	Среднее*				3.1	
2ВТр-11, подзол иллювиально- железистый	0	0–2	0.5	0.28	1.8	1.2
	A1A2	2–5	2.4	0.87	2.8	1.9
	A2	8–18	2.2	1.58	1.4	0.9
	B1f	20–30	3.3	1.61	2.0	1.3
	B2f	55–65	2.4	1.54	1.6	1.1
	BC	80–90	2.3	1.48	2.0	1.3
	C	110–120	2.4	1.58	1.5	1.0
		Среднее*				1.8
2КЭн-09, подзол псевдо- фибровый	A0A1	0–1.5	2.5	0.72	3.5	0.8
	A1A2	1.5–11	5.2	1.39	3.8	0.8
	A2'	11–17	5.7	1.56	3.6	0.8
	A2''	30–32	12.0	1.72	7.0	1.5
	Bf	40–50	8.9	1.47	6.0	1.3
	BCf	70–80	9.2	1.56	5.9	1.3
	C	110–120	6.8	1.51	4.5	1.0
		Среднее*				5.7

Вследствие этого их магнитные профили, как правило, имеют аккумулятивный по отношению к почвообразующей породе и элювиально-иллювиальный характер. Последнее особенно характерно для палево-бурой оподзоленной почвы разр. ЗЧТ-03, где отмечается наибольшая дифференциация профиля по гранулометрическому составу (см. табл. 6).

Почвообразующие породы мерзлотных подзолистых и палево-бурых почв Центральной Якутии, представленные в основном сильно выветренными иллювиальными песчаными отложениями плейстоценового возраста, отличаются довольно сходными значениями ОМВ и УМВ, составляющими  $1.9-6.8$  и  $2.3-5.7 \times 10^{-5}$  ед. Си, а также  $1.4-5.7$  и  $1.5-5.6 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг соответственно (см. табл. 6, 7).

Вследствие этого и значительного сходства их физико-химических свойств (см. табл. 3, 4) данные почвы характеризуются сходными внутрипрофильными величинами магнитной восприимчивости. Исключение в этом плане составляет палево-бурая оподзоленная почва разр. ЗЧТ-03, где гранулометрический состав

генетических горизонтов верхней части почвенного профиля значительно дифференцирован и изменяется от песчано-супесчаного до легко-суглинистого (см. табл. 3). В генезисе подзолистых почв Центральной Якутии по сравнению с палево-бурыми подзолистый процесс проявляется более интенсивно, вследствие этого средне-взвешенные значения их УМВ, рассчитанные для отдельных педонов, проявляются в более узком интервале значений, составляющем для первых почв  $1.8-5.7 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, а для вторых –  $3.9-12.4 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. В изучаемых подзолистых почвах, как и в палево-бурых оподзоленных, отмечаются аккумулятивные по отношению к почвообразующей породе и элювиально-иллювиальные типы магнитных профилей (см. табл. 7).

Исходя из средневзвешенных значений ОМВ, изменяющихся для отдельных педонов изучаемых почв в широком интервале, составляющем  $2.5-51.6 \times 10^{-5}$  ед. Си, все 3 типа исследуемых мерзлотных лесных почв, т. е. палевых, палево-бурых и подзолистых, необходимо отнести к группе слабомагнитных (Золотая, Калишева, 1999).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мерзлотные лесные почвы Центральной Якутии, а именно палевые, палево-бурые и подзолистые, формируются в пределах различных высотных геоморфологических ярусов Центрально-Якутской равнины, которая относится к депрессионным ороклиматогенным комплексам на осадочных аллювиальных отложениях преимущественно легкого гранулометрического состава. В пределах данной депрессии с продвижением от центра вверх по склонам бортов прилегающих водоразделов уменьшаются испаряемость, сумма активных температур и коэффициент континентальности и в то же время увеличиваются среднегодовая температура воздуха, среднегодовое количество осадков и коэффициент увлажнения. Причем средние изменения данных показателей на 100 м подъема высоты составляют 85 °С, 30 мм, 15, +0.7 °С, +27 мм, 0.06. При этом в пределах ландшафтной почвенно-растительной катены с продвижением вверх наблюдается закономерная смена типов почвообразования от дернового (луговостепного) к дерново-лесному (лесостепному) и таежному (таежно-лесному), а мерзлотные лесные почвы образуют следующий зональный ряд: палевые серые – палевые типичные и осолодевшие – палевые выщелоченные – палево-бурые типичные – палево-бурые оподзоленные и подзолистые.

В данном ряду зональных почв закономерно уменьшаются величины значений их объемных и удельных магнитных восприимчивостей в связи с увеличением интенсивности проявления элювиальных почвенных процессов, таких как осолодение и оподзоливание, в генезисе данных почв. Так, средневзвешенные значения ОМВ и УМВ, определенные для отдельных педонов, изменялись в широких пределах и соответственно составляли для палевых почв 27.1–51.6 и 21.6–42.1, палево-бурых – 4.7–16.0 и 3.9–12.4, подзолистых –  $2.5\text{--}7.6 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $1.8\text{--}5.7 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. Все 3 типа исследуемых мерзлотных лесных почв Центральной Якутии относятся к группе слабомагнитных на основании средневзвешенных значений их ОМВ, которые изменялись в широком пределе величин и составляли  $2.5\text{--}51.6 \times 10^{-5}$  ед. Си.

*Статья подготовлена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0027, ЕГИСУНИОКТР № АААА-АХХ-ХХХХХХХХХХХХ-Х).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ REFERENCES)

- Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с. [*Arinushkina E. V.* Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv (Manual for chemical analysis of soils). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1970. 487 p. (in Russian)].
- Бабанин В. Ф., Трухин В. И., Карпачевский Л. О., Иванов А. В., Морозов В. В.* Магнетизм почв. Ярославль: Ярослав. гос. техн. ун-т, 1995. 222 с. [*Babanin V. F., Trukhin V. I., Karpachevskiy L. O., Ivanov A. V., Morozov V. V.* Magnetizm pochv (Magnetism of soils). Yaroslavl: Yaroslavl. gos. tekhn. un-t (Yaroslavl St. Univ. Technol.), 1995. 222 p. (in Russian with English abstract)].
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов: учеб. пособие для вузов по специальности «Агрохимия и почвоведение». М.: Высш. школа, 1973. 399 с. [*Vadyunina A. F., Korchagina Z. A.* Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov: ucheb. posobiye dlya vuzov po spetsialnosti «Agrokimiya i pochvovedeniye» (Methods for studying physical properties of soils and grounds: textbook. Manual for universities in the specialty «Agrochemistry and Soil Science»). Moscow: Vysshaya shkola (Higher Educat. School), 1973. 399 p. (in Russian)].
- Васильева Т. И.* Особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Наука и образование. 2016. № 1 (81). С. 100–107 [*Vasileva T. I.* Osobennosti formirovaniya svoystv i sostava merzlotnykh pochv Tsentralnoy Yakutii (Features of formation of properties and composition of the permafrost soils of Central Yakutia) // Nauka i obrazovanie (Sci. & Educat.). 2016. N. 1 (81). P. 100–107 (in Russian with English abstract)].
- Водяницкий Ю. Н., Шоба С. А.* Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 13–20 [*Vodyanitskiy Yu. N., Shoba S. A.* Magnitnaya vospriimchivost kak indikator zagryazneniya tyazhelymi metallami gorodskikh pochv (obzor literatury) (Magnetic susceptibility as an indicator of heavy metal contamination of urban soils (review)) // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 17. Pochvovedenie (Bull. Moscow Univ. Ser. 17. Soil Sci.). 2015. N. 1. P. 13–20 (in Russian with English abstract)].
- Воробьева Л. А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 272 с. [*Vorobeva L. A.* Khimicheskiy analiz pochv (Chemical analysis of soils). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1989. 272 p. (in Russian)].
- Герасимова М. И.* География почв России: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по географическим специальностям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 313 с. [*Gerasimova M. I.* Geografiya pochv Rossii: uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeny, obuchayushchikhsya po geograficheskim spetsialnostyam (Geography of soils of Russia: a textbook for university students enrolled in geography). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 2007. 313 p. (in Russian)].

- Десяткин Р. В., Лесовая С. Н., Оконешикова М. В., Зайцева Т. С. Палевые почвы Центральной Якутии: генетические особенности, свойства, классификация // Почвоведение. 2011. № 12. С. 1425–1435 [Desyatkin R. V., Lesovaya S. N., Okoneshnikova M. V., Zaytseva T. S. Palevye pochvy Tsentralnoy Yakutii: geneticheskie osobennosti, svoystva, klassifikatsiya (Palevye (pale) soils of Central Yakutia: genetic specificity, properties, and classification) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 2011. N. 12. P. 1425–1435 (in Russian with English abstract)].
- Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: Якут. филиал СО АН СССР, 1987. 171 с. [Elovskaya L. G. Klassifikatsiya i diagnostika merzlotnykh pochv Yakutii (Classification and diagnostics of permafrost soils of Yakutia). Yakutsk: Yakut. filial SO AN SSSR (Yakut Division, Sib. Br. USSR Acad. Sci.), 1987. 171 p. (in Russian)].
- Еловская Л. Г., Коноровский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 175 с. [Elovskaya L. G. Rayonirovanie i melioratsiya merzlotnykh pochv Yakutii (Zoning and reclamation of permafrost soils in Yakutia). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie (Sci. Sib. Br.), 1978. 175 p. (in Russian)].
- Золотая Л. А., Калишева М. В. Типы магнитных профилей почв // Железо в почвах: тез. докл. Междунар. совещ. Ярославль: Ярославл. гос. техн. ун-т, 1999. С. 10-11 [Zolotaya L. A., Kalisheva M. V. Tipy magnitnykh profiley pochv (Types of magnetic soil profiles) // Zhelezo v pochvakh: tez. dokl. Mezhdunar. soveshch. (Iron in soils. Abstr. Int. Workshop). Yaroslavl: Yaroslavl. gos. tekhn. un-t (Yaroslavl St. Univ. Technol.), 1999. P. 10-11 (in Russian)].
- Коноровский А. К. О почвенных зонах Центральной Якутии // Почвы зоны БАМ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 176–183 [Konorovskiy A. K. O pochvennykh zonakh Tsentral'noy Yakutii (About soil zones of Central Yakutia) // Pochvy zony BAM (Soils of the Baikal-Amur Railway zone). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie (Sci. Sib. Br.), 1979. P. 176–183 (in Russian)].
- Коноровский А. К. Зональность и мерзлотность почв Якутии. Якутск: Якут. науч. центр СО АН СССР, 1990. 42 с. [Konorovskiy A. K. Zonalnost i merzlotnost pochv Yakutii (Zonality and permafrost of the soils of Yakutia). Yakutsk: Yakut. nauch. tsentr SO AN SSSR (Yakut Sci. Center Sib. Br. USSR Acad. Sci.), 1990. 42 p. (in Russian)].
- Орлов Д. С., Лозанская И. Н., Попов П. Д. Органическое вещество почв и органические удобрения. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 97 с. [Orlov D. S., Lozanskaya I. N., Popov P. D. Organicheskoe veshchestvo pochv i organicheskie udobreniya (Soil organic matter and organic fertilizers). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1985. 97 p. (in Russian)].
- Роде А. А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1971. 92 с. [Rode A. A. Sistema metodov issledovaniya v pochvovedenii (System of research methods in soil science). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie (Sci. Sib. Br.), 1971. 92 p. (in Russian)].
- Розанов Б. Г. Морфология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с. [Rozanov B. G. Morfologiya pochv (Soil morphology). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1983. 320 p. (in Russian)].
- Саввинов Д. Д. Физика мерзлотных почв: избр. тр. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2013. 501 с. [Savvinov D. D. Fizika merzlotnykh pochv: izbr. tr. (Physics of permafrost soils: Selected works). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie (Sci. Sib. Br.), 2013. 501 p. (in Russian)].
- Скрыбыкина В. П. Подзолы Центральной Якутии // Наука и образование. 2017. № 2 (86). С. 83–90 [Skrybykina V. P. Podzoly Tsentralnoy Yakutii (Podzols of Central Yakutia) // Nauka i obrazovaniye (Sci. & Educat.). 2017. N. 2 (86). P. 83–90 (in Russian with English abstract)].
- Скрыбыкина В. П., Чеvychelov А. П. Тренды климатических показателей долинно-котловинной почвенной зональности Центральной и Южной Якутии // Вестн. Томск. гос. ун-та. Серия «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия). 2003. № 3 (IV). С. 294–296 [Skrybykina V. P., Chevychelov A. P. Trendy klimaticheskikh pokazateley dolinno-kotlovinnoy pochvennoy zonal'nosti Tsentralnoy i Yuzhnoy Yakutii (Trends in climatic indicators of valley-basin soil zoning in Central and Southern Yakutia) // Vestn. Tomsk. gos. un-ta. Seriya «Nauki o Zemle» (geologiya, geografiya, meteorologiya, geodeziya) (Bull. Tomsk St. Univ. Ser. «Earth Sciences» (geology, geography, meteorology, geodesy)). 2003. N. 3 (IV). P. 294–296 (in Russian with English abstract)].
- Соколов И. А., Турсина Т. В. Палево-серые почвы Центральной Якутии – аналог серых лесных почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 15–27 [Sokolov I. A., Tursina T. V. Palevo-serye pochvy Tsentralnoy Yakutii – analog serykh lesnykh pochv (Pale-gray soils of Central Yakutia – an analogue of gray forest soils) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 1979. N. 3. P. 15–27 (in Russian with English abstract)].
- Соколов И. А., Турсина Т. В., Белоусова Н. И. Современное подзолообразование на равнинах Центральной Якутии // Почвоведение. 1969. № 12. С. 22–38 [Sokolov I. A., Tursina T. V., Belousova N. I. Sovremennoe podzoloobrazovanie na ravninakh Tsentralnoy Yakutii (Contemporary podzol formation on the plains of Central Yakutia) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 1969. N. 12. P. 22–38 (in Russian with English abstract)].
- Уткин А. И. Леса Республики Саха (Якутия) – феномен таежного пояса Северной Евразии // Хвойные бореальные зоны. 2006. Т. 23. № 3. С. 7–14 [Utkin A. I. Lesa Respubliki Sakha (Yakutiya) – fenomen taezhnogo poyasa Severnoy Evrazii (Forests of the Republic of Sakha – Yakutia) – a phenomenon of the taiga belt of Northern Eurasia) // Khvoynye borealnoy zony (Coniferous of the Boreal Zone). 2006. V. 23. N. 3. P. 7–14 (in Russian with English abstract)].
- Чевычелов А. П., Скрыбыкина В. П., Васильева Т. И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648–657 [Chevychelov A. P., Skrybykina V. P., Vasil'eva T. I. Geografo-geneticheskie osobennosti formirovaniya svoystv i sostava merzlotnykh pochv Tsentralnoy Yakutii (Geographic and genetic specificity of permafrost-affected soils in central Yakutia) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 2009. N. 6. P. 648–657 (in Russian with English abstract)].
- Чевычелов А. П., Скрыбыкина В. П., Васильева Т. И. Geographic and genetic specificity of permafrost-affected soils in Central Yakutia // Euras. Soil Sci. 2009. V. 42. Iss. 6. P. 600–800 (Original Rus. Text © A. P. Chevychelov,

- V. P. Skrybykina, T. I. Vasil'eva, 2009, publ. in *Pochvovedenie*. 2009. N. 6. P. 648–657).
- Desyatkin R. V., Lesovaya S. N., Okoneshnikova M. V., Zaitseva T. S.* Palevye (pale) soils of Central Yakutia: genetic specificity, properties, and classification // *Euras. Soil Sci.* 2011. V. 44. N. 12. P. 1304–1314 (Original Rus. Text © R. V. Desyatkin, S. N. Lesovaya, M. V. Okoneshnikova, T. S. Zaitseva, 2011, publ. in *Pochvovedenie*. 2011. N. 12. P. 1425–1435).
- Jong E. de, Pennock D. J., Nestor P. A.* Magnetic susceptibility of soils in different slope positions in Saskatchewan, Canada // *Catena*. 2000. V. 40. Iss. 3. P. 291–305.
- Mullins C. E.* Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science – a review // *J. Soil Sci.* 1977. V. 28. Iss. 2. P. 223–246.
- Vodyanitskiy Yu. N., Shoba S. A.* Magnetic susceptibility as an indicator of heavy metal contamination of urban soils // *Moscow Univ. Soil Sci. Bull.* 2015. V. 70. N. 1. P. 10–16 (Original Rus. text © Yu. N. Vodyanitskiy, S. A. Shoba, 2015, publ. in *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 17. Pochvovedenie*. 2015. N. 1. P. 13–20).
- Wojas A.* The magnetic susceptibility of soils in Krakow, southern Poland // *Acta Geophys.* 2017. V. 65. Iss. 3. P. 453–463.

## MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF PERMAFROST SOILS OF THE FOREST CATENA IN CENTRAL YAKUTIA

**A. P. Chevychelov, A. A. Alekseev, L. I. Kuznetsova**

*Institute for Biological Problems of Cryolite Zone, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Prospekt Lenina, 41, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), 677980 Russian Federation*

---

E-mail: chev.soil@list.ru, alex3.fromru@gmail.com, likkol@yandex.ru

The magnetic susceptibility (MS) of three types of permafrost forest soils (pale-yellow, pale-brown, and podzolic) formed on permafrost soil-forming rocks in the cryoarid climate of Central Yakutia for the first time was studied. It is noted that the studied permafrost soils develop within various high-altitude geomorphological levels of the ancient alluvial Central Yakut plain and form a regular zonal series from bottom to top, that is, with an increase in the absolute height of the terrain: pale-yellow gray – pale-yellow typical and solodic – pale-yellow leached – pale-brown typical – pale-brown podzolized and podzolic soils. At the same time, in this series of zonal soils, the values of their volume (VMS) and specific (SMS) magnetic susceptibilities also naturally decrease, due to the increased intensity of eluvial soil processes, such as solodization and podzolization in the genesis of these soils. The weighted average values of the specific magnetic susceptibility calculated for 9 sections of the studied permafrost forest soils, taking into account individual values of SMS and the thickness of their genetic horizons, changed for pale-yellow soils in the range of 21.6–42.1, pale-brown – 3.9–12.4, podzolic –  $1.8\text{--}5.7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . It is also established that based on certain values of the VMS of these soils, all the studied types of permafrost forest soils in Central Yakutia belong to the group of low-magnetic ones and differ in the values of volumetric magnetic susceptibility that do not exceed  $100 \times 10^{-5} \text{ Si}$  units. Among the studied pedons of zonal forest soils of Central Yakutia, various types of their magnetic profiles are noted, which are determined by the geographical and genetic features of these soils.

**Keywords:** *cryoarid climate, thickness of genetic horizons, geographic-genetic specifics.*

**How to cite:** *Chevychelov A. P., Alekseev A. A., Kuznetsova L. I.* Magnetic susceptibility of permafrost soils of the forest catena in Central Yakutia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2021. N. 2. P. 32–42 (in Russian with English abstract and references).