

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

ПОЧВЫ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

© 2022 г. С. В. Губин^а*, А. В. Лупачев^а, А. К. Ходжаева^а

^аИнститут физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ул. Институтская, 2, Пушкино, Московской обл., 142290 Россия

*e-mail: gubin.stas@mail.ru

Поступила в редакцию 07.02.2022 г.

После доработки 28.03.2022 г.

Принята к публикации 30.03.2022 г.

На берегах аккумулятивного типа Восточно-Сибирского моря формируются почвы под морским влиянием – талассосоли, объединяющие слаборазвитые незадернованные почвы ваттов (регулярно затопляемой нагонно-приливной зоны), почвы маршей (периодически затопляемой зоны) разной степени засоления и под различными растительными ассоциациями, а также маритимные почвы – близкие по строению к зональным и не испытывающие затоплений, где влияние моря проявляется в аэральном привносе солей и органо-минерального материала с оголенных прибрежных участков. Слаборазвитые маршевые почвы сохраняют признаки исходного строения материала осадка, сформированного в зоне ваттов, на которые накладываются процессы засоления, сульфатредукции, оглеения, криогенного массообмена, а также поступления, накопления и слабой биохимической трансформации грубого органического вещества. В пределах маршей формируются в разной степени засоленные почвы с признаками перераспределения солей в толщах профилей, слабого увеличения их содержания в органосодержащих горизонтах и над мерзлотой, яркого проявления признаков сульфатредукции. На территории осоковых маршей доминируют органогенные слабозасоленные и торфянисто-глееватые почвы. Большая часть почв маршей исследуемой территории формируется в условиях полигонального мерзлотного рельефа, высокой обводненности профилей, близкого залегания многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: Арктика, марши, ватты, маршевые почвы, маритимные почвы, синлитогенное почвообразование, многолетняя мерзлота, Tidalic Cryosols

DOI: 10.31857/S0032180X22090076

ВВЕДЕНИЕ

Почвы побережий арктических морей крайне слабо изучены. Большая протяженность береговой линии, разнообразие строения берегов, ландшафтов, отложений, характер приливных и сгонно-нагонных явлений, соленость моря определяют формирование широкого спектра почв, строение и свойства которых здесь осложнены суровостью климата, криогенными процессами, спецификой биоты [8, 9, 13, 17, 21, 23, 24, 30, 31]. Значительная часть побережий северных морей представлена берегами аккумулятивного типа со слабыми уклонами поверхностей. Это ведет к проникновению морских нагонных вод вглубь суши на десятки километров, подпитки ими многочисленных мелких озер, затопляемых заболоченных лугов, мерзлотных полигонов, что также оказывает влияние на формирование почв.

Формирующиеся под прямым или опосредованным влиянием моря, почвы объединены в неклассификационную группу талассосолей [24] и

включают слаборазвитые незадернованные почвы ваттов, почвы маршей разной степени засоления и под различными растительными ассоциациями [21, 31], маритимные почвы, близкие по строению к зональным, где влияние моря проявляется в аэральном привносе солей и органо-минерального материала с оголенных прибрежных участков [7].

ОБЪЕКТЫ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучены почвы аккумулятивных берегов Восточно-Сибирского моря, формирующиеся в зоне арктической тундры на севере Колымской низменности, в приустьевой части реки Б. Чукочей и на морских берегах, расположенных севернее [9] (рис. 1). Исследованы почвы ваттов – территорий, непосредственно прилегающих к береговой линии моря, берегам рек или мелких речных протоков, затопляемых морскими водами даже при

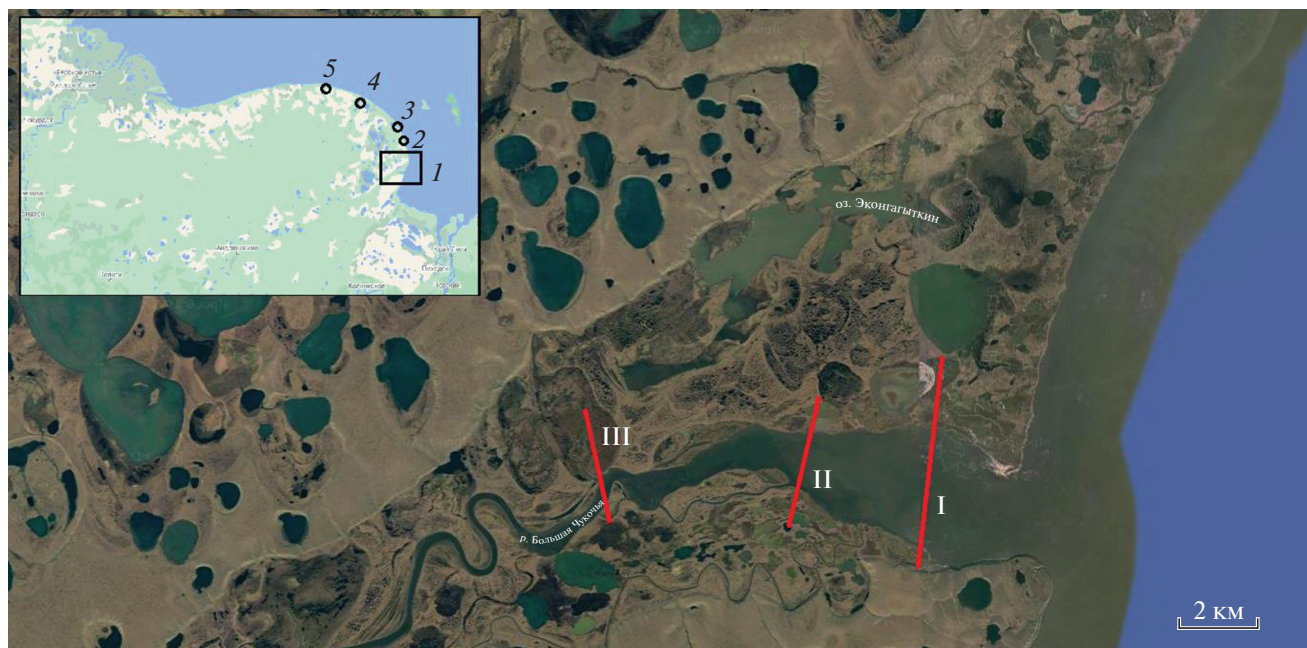


Рис. 1. Картограмма района проведения работ. Условные обозначения: 1 – губа р. Б. Чукочь (трансекты I, II, III); 2 – вис-ка Энномчувеем; 3 – виска Агафонова; 4 – р. Гальгаваам; 5 – р. Б. Куропаточья.

низких ветровых нагонах, а также почвы засоленных и травяно-осоковых маршей – территорий, затопливаемых в ходе приливов и средних и высоких нагонов. На соседствующих участках коренного берега развиваются маритимные почвы, не испытывающие затопления, но подверженные процессу импультверизации солей, в том числе в составе пены.

Район побережья характеризуется арктическим морским климатом [1] с продолжительной зимой, температурами января $-35...-37^{\circ}\text{C}$, коротким летом с июльскими температурами $8-12^{\circ}\text{C}$, годовым количеством осадков около 150 мм, 30% из которых выпадают летом, когда часты туманы и моросящие дожди. Снежный покров держится с октября до июня, вскрытие рек и моря происходит во второй половине июня [3]. Зачастую штормами и ветровыми нагонами большие массы морских льдов в течение лета выносятся на низкие берега, где происходит их таяние. Летом в прибрежной части моря температура воды составляет $4-7^{\circ}\text{C}$. Поднятие уровня воды при экстремальных нагонах может превышать 1.5 м, при частых ординарных подъемах воды в 20–50 см. Мощность слоя сезонного оттаивания (СТС) в пределах береговой зоны от 30 до 80 см. Полное промерзание СТС происходит поздней осенью, медленное оттаивание деятельного слоя начинается в середине июня, после снеготаяния.

Исследуемая территория представляет собой постепенно расширяющуюся к морю долину реки Б. Чукочь, достигающую в приморской ча-

сти, занятой маршами и ваттами, более 10 км. Она ограничена высокими коренными активно разрушающимися берегами, сложенными пылеватыми высокольдистыми отложениями ледового комплекса, содержащими реликтовое органическое вещество [4–6, 17, 28]. Ширина акватории в устье около 2 км. Вглубь суши поверхность низкого аккумулятивного берега губы имеет крайне слабый подъем (менее 1°). Вблизи моря ее высотные отметки составляют 0.2–0.5, на удалении 10 км – 1.2–1.5 м над ур. м. В период высоких нагонов морские воды могут проникать вглубь суши более чем на 10 км, затопляя прилегающую обширную равнинную территорию маршей и подтопляя пойму реки. В прибрежной части устья губы минерализация вод в августе составляет около 3.0‰, при среднем показателе в море на удалении в 2 км от берега – 3.6‰ ($n = 6$). По данным водной вытяжки поверхностные слои донных отложений слабо засолены (0.2–0.5‰). В их гранулометрическом составе преобладает мелкий песок, в почвах маршей доминирует крупная пыль (табл. 1). Почвы и донные отложения прибрежной зоны характеризуются низким содержанием карбонатов, не превышающим 0.9% (табл. 2). Мелкие фрагменты раковин в исследуемом материале отсутствуют. Исследуемые почвы характеризуются морским типом засоления – хлоридно-сульфатным магниевым-натриевым. Показатели плотного остатка водной вытяжки (ПОВВ) из детрита, отобранного с поверхности в зоне ваттов 0.1–0.5% (табл. 3).

Таблица 1. Гранулометрический состав почв

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций						Физи- ческий песок	Физи- ческая глина
			1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001		
			%							
Наилок губы		0–15	0.14	56.75	26.81	4.37	5.61	6.33	83.70	16.30
Наилок моря		0–15	0.29	31.51	33.20	11.34	9.57	14.09	76.05	23.95
19-24	Omr%	0–8			Не опр.					
	Tmr%	8–15			Не опр.					
	C ^z = τ, dt, s	15–33	0.40	2.38	51.45	13.49	16.84	15.44	54.23	45.77
	C ^z = g, dt, s	33–40	0.08	0.67	54.19	15.79	14.97	14.30	54.94	45.06
19-8	C ^z = dt, ox	0–10	1.30	6.96	64.32	7.57	8.10	11.74	72.59	27.41
	C ^z = dt, g	10–22	2.42	10.14	50.12	7.29	9.00	12.03	62.68	37.32
	C ^z = τ, dt	22–30	3.26	11.20	49.42	7.31	13.68	15.13	63.88	36.12
	C ^z = dt, g, s	30–55	0.11	12.65	78.65	2.24	0.84	5.51	91.41	8.59
19-23	Omr%	0–5			Не опр.					
	TSmr%	5–20			Не опр.					
	GS ₁ %	20–30	0.61	1.92	55.95	12.99	13.29	15.24	58.48	41.52
	GS ₂ %	30–45	0.41	16.63	45.51	11.43	12.91	13.10	62.56	37.44
9-5	T%	0–7			Не опр.					
	TGs%	7–15	0.45	1.61	58.29	13.23	13.55	12.87	60.35	39.65
	Gs ₁ %	15–30	0.31	3.00	57.90	13.27	13.12	12.40	61.21	38.79
	Gs ₂ %	50	0.25	6.18	72.83	6.45	7.33	6.95	79.26	20.74

В пределах губы р. Б. Чукочьей заложены 3 почвенных трансекты, пересекающие ее береговую территорию (рис. 1). Трансекта I пересекает территорию левого берега губы в районе ее устья, охватывает зону ваттов и прилегающих к ней засоленных маршей. Трансекта II находится на удалении в 5 км от берега моря. Трансекта III удалена от устья губы примерно на 10 км и находится в районе формирования опресненных речными водами осоково-травяных маршей.

Дополнительно на двух участках низкого побережья Восточно-Сибирского моря, в 50 км севернее губы исследованы почвы в районах устьев и в долинах двух небольших речных протоков – висок (Эньюмчувеем и Агафонова), по которым осуществляется нагон морских вод вглубь суши, в находящиеся здесь озера. Изучены почвы ваттов, маршей. Минерализация вод в висках 0.3–0.5%. Маритимные почвы изучались на морском побережье и вдоль русел висок на удалении от 0.2 до 0.5 км от зоны маршей. Минерализация вод в прибрежной части моря в 200 м от устьев висок составляет 3.7–4.2%.

Северо-западнее, на участках побережья рек Гальгаваам и Б. Куропаточьей, исследовались мар-

шевые и маритимные почвы, удаленные от морского побережья на расстояние около 20 км при минерализации вод в реках около 0.4–0.6%.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проведены в середине августа, в сроки, близкие к периоду максимального оттаивания СТС. В пределах трансект и на ключевых участках побережий изучены мерзлотный рельеф, микрорельеф, растительный покров, мощность СТС, описано морфологическое строение почв. Термическим шупом, с шагом в 5 см по глубине, измерена температура почв и отложений в прибрежной части моря. В маршевых озерах, реках, протоках, в обводненных полигонах и почвенных разрезах замерены температура, pH воды, ее электропроводность. Образцы отложений, почв, вод были отобраны для проведения дальнейших аналитических исследований. С целью стандартизации сушка насыщенных водой и обладающих высокой льдистостью образцов почв и отложений проведена после стока из них гравитационной влаги.

Аналитические исследования образцов почв, отложений и вод выполнены в ЦКП ИФХиБПП

Таблица 2. Химические свойства почв

Разрез	Горизонт	Глубина, см	С _{орг}	ППП		рН H ₂ O	C/N	CO ₂ карб, %	Обменные катионы, смоль (экв)/кг				Подвижные, мг/кг		Дитионит-растворимое	Окристал-лизированное	Амор-фное
				%	%				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Наилкок губы		0–15	1.03	11.30	7.8	Не опр.	0.64	5.96	4.74	1.23	1.12	3.42	3.86	0.73	0.39	0.34	
		0–15	0.71	10.60	7.4	8	0.72	6.82	4.54	1.15	1.91	3.22	2.63	0.81	0.69	0.12	
19–24	Омг%	0–8	26.11	Не опр.	5.4	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	
		8–15	19.32	»	5.4	26	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	
19–8	C ^h =т, dt, s	15–33	1.72	12.11	6.2	11	0.74	3.47	4.91	0.75	3.39	3.31	3.93	1.52	0.66	0.86	
		33–40	1.62	13.92	6.1	16	0.76	3.45	5.24	0.76	2.91	3.42	3.82	2.61	0.62	1.99	
		0–10	7.95	11.81	5.3	15	0.74	4.43	4.76	0.89	3.01	4.69	4.43	0.84	0.31	0.53	
		10–22	8.77	10.14	5.9	13	0.72	3.64	4.89	0.74	3.95	4.37	3.79	0.73	0.28	0.45	
		22–30	7.10	11.76	5.7	16	0.76	3.57	6.72	1.23	6.91	2.45	6.44	0.91	0.47	0.44	
		30–55	9.87	15.12	6.3	9	0.65	3.78	2.79	0.48	3.13	5.73	2.35	0.47	0.15	0.32	
19–23	Омг%	0–5	29.02	Не опр.	3.9	18	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	
		5–20	26.49	»	3.7	17	0.89	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	
19–5	GS ₁ %	20–30	2.26	8.80	5.6	13	0.89	4.12	3.89	1.00	2.14	3.36	3.93	0.47	0.32	0.15	
		30–45	2.30	9.60	5.9	12	Не опр.	4.54	3.14	0.99	2.05	3.92	4.31	0.62	0.45	0.17	
		0–7	14.40	24.32	6.2	15	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	
		7–15	2.51	12.80	6.1	15	0.72	4.01	5.86	0.94	3.03	Не опр.	Не опр.	0.49	0.23	0.26	
19–5	GS ₂ %	15–30	1.63	13.40	6.4	11	0.64	3.88	5.78	1.07	3.91	3.42	3.01	0.37	–	0.50	
		50	1.30	13.60	6.6	11	0.74	3.66	4.02	0.74	2.91	3.32	3.45	0.66	0.24	0.42	

Таблица 3. Характеристика катионно-анионного состава водных вытяжек

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Удельная электрическая проводимость, мСм/см	Плотный остаток, %	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Наилот губы	Наилот моря	0-15	0.46	0.13	0.00	0.15	1.75	0.77	0.09	0.14	0.08	1.58
		0-15	0.80	0.46	0.00	0.45	3.63	0.51	0.07	0.09	1.49	1.71
19-24	0мг%	0-8				Не опр.						
	Тмг%	8-15	1.81	3.54	0.00	0.63	30.00	12.08	1.77	8.96	0.86	26.09
	C ^z = τ, dt, s	15-33	1.22	0.38	0.00	0.10	4.50	0.50	0.18	0.38	0.13	4.32
	C ^z = g, dt, s	33-40	1.21	0.38	0.00	0.13	5.75	0.29	0.30	0.39	0.13	4.22
	C ^z = dt, ox	0-10	1.85	0.62	0.00	0.08	6.88	1.82	0.26	0.74	0.27	6.56
	C ^z = g, dt	10-22	1.44	0.65	0.00	0.23	5.63	0.77	0.17	0.32	0.12	5.64
	C ^z = τ, dt	22-30	2.41	0.87	0.00	0.23	8.75	2.19	0.26	0.75	0.26	9.40
19-23	C ^z = dt, g, s	30-55	1.14	0.35	0.00	0.10	5.00	0.21	0.16	0.15	0.09	4.17
	0мг%	0-5				Не опр.						
	ТСмг%	5-20	3.30	6.42	0.00	0.00	47.50	40.10	7.83	25.33	0.98	45.38
	GS ₁ %	20-30	1.96	0.62	0.00	0.20	8.50	0.45	0.22	0.60	0.18	7.40
	GS ₂ %	30-45	2.00	1.22	0.00	0.08	9.00	0.33	0.15	0.78	0.18	7.23
	T%	0-7	0.37	1.73	0.00	2.63	3.44	1.20	0.89	1.32	1.44	4.16
	TGS%	7-15	0.49	0.21	0.00	0.33	0.25	0.45	0.10	0.12	0.07	1.82
19-5	GS ₁ %	15-30	0.69	0.23	0.00	0.35	2.25	0.09	0.08	0.09	0.08	2.59
	GS ₂ %	50	0.58	0.16	0.00	0.23	2.00	0.43	0.08	0.08	0.08	2.13

РАН по общепринятым для почв методикам [19]. Содержание валового углерода ($C_{\text{общ}}$) и азота ($N_{\text{общ}}$) в образцах определяли в лаборатории почвенных циклов азота и углерода ИФХиБПП РАН с помощью NCNS-анализатора (Leco 932, США). По разнице между содержанием $C_{\text{общ}}$ и углерода карбонатов находили содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$). Определение катионно-анионного состава водных вытяжек образцов проводили при отношении массы почвы к объему воды равном 1 : 25 в органомных горизонтах и 1 : 5 в минеральных. Определение обменных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) выполняли методом Пфедффера в модификации Молодцова и Игнатовой. Содержание железа несиликатных (дитиониторастворимых) соединений в образцах установили по методу Мера-Джексона, аморфных (оксалаторстворимых) – по Тамму. По разности между несиликатным и аморфным железом находили содержание его окристаллизованных форм. Подвижные фосфаты (P_2O_5) определяли по методу Кирсанова. В почвенных вытяжках, приготовленных по Кирсанову, методом пламенной фотометрии устанавливали содержание калия (K_2O). Данные о гранулометрическом составе образцов почв получены пипеточным методом [18].

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧАЕМЫМ ПОЧВАМ

В современной классификации и диагностике почв России (КиДПР) упоминания о формирующихся под влиянием моря талассосолях – почвах маршей и ваттов, маритимных, отсутствуют [12].

В соответствии с принципами, заложенными в КиДПР, нами ранее предложено в стволе синлитогенных почв дополнительно на уровне отдела выделять *маршевые почвы* (МП), разделяя на типовом уровне их на маршевые гумусовые, маршевые торфяно-глеевые, гумусовые глеевые мерзлотные [7]. Для обозначения генетических горизонтов, сочетающих признаки синлитогенного и постсинлитогенного почвообразования, используется символ “%”. Присутствие мелкого растительного детрита в слоях и горизонтах предлагается обозначать индексом dt. *Почвы ваттов* отнесены к стволу первичного почвообразования, с выделением отдела слабо развитых маршевых почв (СМП). На типовом уровне СМП предложено разделять по наличию или отсутствию слоистости и присутствию поверхностного гумусово-слабо развитого горизонта W. Для слоев СМП введено обозначение %, добавляемое к их индексу, с сохранением, как предложено в КиДПР, показателей гранулометрического состава слагающего материала: супесчаного – $C^{\%}_{\text{...}}$, суглинистого – $C^{\%}_{\text{=}}$ и т.д. Слои принесенного торфа, детрита и другого органического материала обозначаются соответствующи-

ми индексами ($C^{\%}_{\text{т}}$, $C^{\%}_{\text{dt}}$). На подтиповом уровне почвы маршей и ваттов подразделяются по присутствию в горизонтах и слоях процессных признаков – s, g, ox, cr, fn, cr. Во всех рассматриваемых почвах многолетняя мерзлота залегает в пределах менее 1 м и по этому признаку они отнесены к мерзлотным [7].

ПОЧВЫ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

Слаборазвитые маршевые мерзлотные почвы ваттов. В приустьевой части губы ватты занимают непосредственно прилегающую к морю часть побережья, простираясь вглубь его до 300–500 м (трансекта I). Их поверхность поднята над ур. м. на 20–30 см и полностью покрывается водами средних по высоте нагонов. Ровная, часто оголенная, поверхность ваттов нарушена небольшими углублениями, образовавшимися под действием выжатых морских льдин при их весенних подвижках. На ней разбросано множество мелких луж и небольших озер с минерализацией воды до 7.8 и 4.4% соответственно. Ватты покрыты небольшими пятнами несомкнутых группировок бескильницы ползучей, на замытых пятнах принесенного торфа формируются куртины осоки блестящей. На поверхности встречаются участки, нарушенные длинными (до 7 м) и узкими (около 3 см), замытыми морозобойными трещинами. Вдоль них на поверхности сохраняется выжатый криотурбированный органический материал, выдавленный на поверхность из средних частей СТС и позже частично размывтый нагоновыми водами. Поверхности ваттов выполнены пылеватыми суглинками с абсолютным преобладанием крупной и средней пыли, низким содержанием ила (7–10%) и высоким участием растительного детрита (табл. 1, 2). Материал содержит от 1.5 до 5.0% $C_{\text{орг}}$, потери от прокаливания достигают 10%. Вода в разрезах с глубины 5–7 см. Мощность СТС в августе составляет 40–55 см. Ватты приустьевой части губы характеризуется широким разнообразием строения и свойств, формирующихся здесь СМП. В 50–200 м от уреза воды на лишенном растительности участке ватта заложена серия разрезов, обладающих существенными различиями строения – составом, мощностью, глубинами залегания слоев, выраженностью признаков почвообразования.

Разрез 19-24 заложен на удалении 230 м от берега в переходной к маршам зоне, на ровной оголенной поверхности с отдельными куртинами осок, пятнами аллохтонного заиленного торфа и детрита, а также лужами солоноватой воды. Вода в разрезе стоит с глубины 7 см, минерализация – 3.5%. Мощность СТС 40 см.

0мг%, 0–8 см. Слой неразложившегося, при-
внесенного, слегка заиленного, свежего расти-
тельного материала (опад и торф) с поверхности
прикрытого органично-минеральной серой пленкой.

Тмг%, 8–15 см. Темный заиленный полуразло-
жившийся торф, состоящий из опада осок и мха,
обводнен. Переход резкий.

$C_{\tau, dt, s}^{\%}$, 15–33 см. Темно-серый пылеватый су-
глинок с участием торфа, детрита и мелких черных
пятен выделений сульфидов, обводнен, сильный
запах сероводорода. Переход резкий.

$C_{g, dt, s}^{\%}$, 33–40 см. Голубовато-серый пылева-
тый суглинок с детритом, темными пятнами и зо-
нами выделений сульфидов, обводнен. Подсти-
ляется темным льдистым мерзлым суглинком.

Почва – *слаборазвитая маршевая слоистая гле-
еватая засоленная мерзлотная*.

Характеризуется хлоридно-сульфатным засо-
лением с наиболее высокой концентрацией солей
в верхнем органическом слое (табл. 3). С перехо-
дом в минеральные слои степень засоления резко
уменьшается (ПОВВ – 0,4%) и остается в профи-
ле стабильной при том же типе засоления и раз-
ной степени проявления признаков присутствия
сульфидов в отдельных слоях. Слои торфа и дет-
рита обладают кислой реакцией, минеральные –
от слабокислой до нейтральной. В минеральных
слоях, при потерях от прокаливания до 10–12%,
содержание $C_{орг}$ составляет около 2%. Слои ха-
рактеризуются низким содержанием карбонатов
и высоким подвижных форм фосфора и калия.

Особенности строения отдельных почв заклю-
чаются в нарушении криотурбациями верхних
слоев (их разрыве, перемешивании материала) до
глубины более 20 см. Нижние горизонты несут
признаки присутствия сульфидов содержания со-
лей в профиле (от 0,62 до 0,75%) с равномерным
распределением их по профилю.

Такие почвы можно диагностировать как *сла-
боразвитые маршевые слоистые криотурбирован-
ные засоленные мерзлотные*.

В пределах трансекты II изучена серия разре-
зов слаборазвитых маршевых почв, удаленных от
берега на 20–50 м и находящихся над урезом воды
на 30–80 см.

Разрез 16-06 заложен на поверхности, покры-
той разреженным покровом бескильницы. СТС –
65 см. Профиль имеет слоистое строение с верхним
слоем (0–2 см), выполненным сильно заиленным
уплотненным торфяным материалом, переплетен-
ным корнями бескильницы. Тип строения профи-
ля: $C_{\tau}^{\%} - C_{g}^{\%} - C_{g, ox}^{\%} - C_{\tau}^{\%} - C_{\tau, s}^{\%} - C_{ss}^{\%}$.
Вода с 40 см, нижние слои засолены (ПОВВ 5,6%),
тип засоления – хлоридно-натриевый. Профиль
издает сильный запах сероводорода. Надмерзлот-
ный слой мощностью более 10 см, с отрицатель-

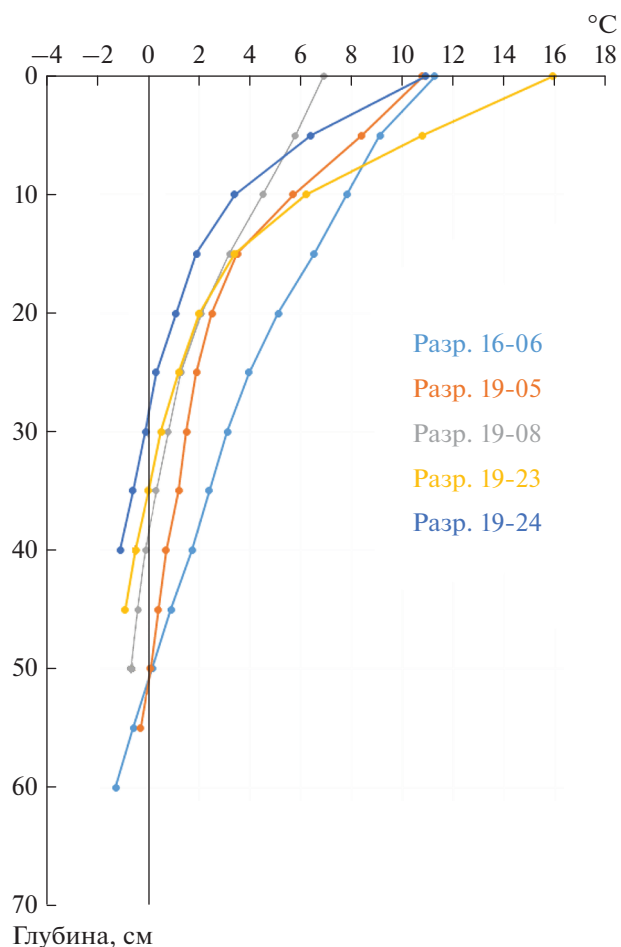


Рис. 2. Распределение температур в оттаявших профи-
лях маршевых и слаборазвитых маршевых почв.

ной температурой $-1,8^{\circ}\text{C}$, находится в талом со-
стоянии (рис. 2).

Почва – *слаборазвитая маршевая слоистая гле-
еватая засоленная мерзлотная*.

Ближние по строению слаборазвитые маршевые
слоистые криотурбированные засоленные мерз-
лотные почвы небольшими массивами проникают
вглубь территории губы до 7 км. На отдельных ого-
ленных участках или с сильно разреженным покровом
шейхцерии формируется мелкая трещиноватая
полигональная сеть с размерами полигонов 60–
70 см, покрытых вынесенным из средних частей
профилей криотурбированным материалом. С
удалением от моря ширина зоны ваттов резко со-
кращается, они приурочены к краям береговой
линии губы и берегам мелких проток с обилием
луж и мелких солоноватых озер. Поверхности
подняты на 25–30 см над ур. м., мощность СТС
40–50 см. Под пятнами шейхцерии формируются
фрагменты торфяно-корневой дернины мощно-
стью до 5 см. Поверхность разбита системой за-
мытых длинных мерзлотных трещин (длиной до

5–7 м и шириной до 10–15 см), окаймленных низкими валиками излившегося материала из смеси пыли и грубого торфа, разрушающимися нагонными водами. Криотурбированный материал, перераспределяясь по поверхности ватты и перекрываясь свежими наносами, образует фрагментарное слоистое строение осадка. Формирующиеся почвы отнесены к слабо развитым маршевым слоистым криотурбированным глееватым засоленным мерзлотным. Севернее губы, на побережье моря, ватты ограничены обрывом активно разрушающейся морской террасы высотой до 2.5 м. Ширина их – от первых до десятков метров. На отдельных участках поверхность покрыта переотложенным, заиленным грубым торфянистым материалом или детритом.

Разрез 19-08 заложен в 8 м от берегового уступа, на выровненном участке ватты в 10 м от уреза воды. С поверхности покрыт трехсантиметровым слоем намытого детрита и разряженными пятнами шейхцерии. Мощность СТС 55 см, вода с глубины 5 см, минерализация – 0.7%. В море, на удалении 100 м от берега минерализация воды – 3.7%. Профиль имеет организацию $C_{dt, ox}^z = C_{dt, g}^z - C_{t, dt}^z = C_{dt, g, s}^z$. Слагающие профиль слои суглинка насыщены детритом. Материал верхнего слоя окислен, имеет охристую окраску и содержит мелкие включения оксидов железа. Залегающий под ним слой несет признаки слабого оглеения, нижняя его часть окрашена в сизые тона с черными примазками сульфидов.

Почва – *слаборазвитая маршевая слоистая глееватая засоленная мерзлотная*.

В гранулометрическом составе преобладает крупная пыль. Реакция профиля слабокислая, в надмерзлотных слоях кислая (табл. 1–3). Почва засолена (ПОВВ – 0.65%), с некоторым увеличением содержания солей в оторфованном слое центральной части профиля при сульфатно-хлоридном типе засоления. Содержание подвижных форм фосфора и калия высокое. Внутри береговой зоны небольшие участки ваттов встречены на удалении 1.5–2 км от моря на берегах висок, в зоне влияния средних морских нагонов. Минерализация вод в висках – 1–1.7%. В формирующихся СМП отсутствует слоистость. Они выполнены серым пылеватым суглинком с включением равномерно распределенного в нем детрита. Вода с глубины 20 см. В средних и нижних частях присутствуют отдельные пятна оглеения. В верхней сформирован темный горизонт W, мощностью до 3–5 см, обогащенный детритом, мелкими корнями, продуктами их гумификации со слабо выраженной непрочной мелкокомковатой структурой. Профиль слабо засолен (ПОВВ 0.2–0.3%), со слабым увеличением содержанием солей в надмерзлотной части (0.4–0.5%), при некотором преобладании содержания сульфатов над хлором, и доминированием Na в

составе катионов. $C_{орг}$ равномерно распределен по глубине (от 1.4 до 1.8%). Потеря от прокаливания от 8 до 12%, за исключением гор. W, в котором эти показатели составляют соответственно 2.8 и 15%.

Почвы с организацией профиля W – $C_{dt, g}^z$ отнесены к *пелоземам маршевым глееватым мерзлотным*.

Почвы маршей. В пределах береговой части губы выделяются две зоны маршей – засоленных, прилегающих к морскому побережью и осоково-злаковых – удаленных от него и реже затапливаемых нагонными водами. В зоне засоленных маршей присутствует система мелких засоленных озер, связанных между собой и морем и мелких западин с минерализацией вод 1.5–4.0%. Поверхность покрыта преимущественно осоками с участием шейхцерии и проективным покрытием (ПП) 60–100%.

Разрез 19-23 заложен в 600 м от берега моря, на поверхности поднятой на 80 см над его уровнем, под осоками с участием шейхцерии, ПП около 60%. Микрорельеф представлен отдельными осоковыми кочками и бугорками привнесенного полуразложившегося торфа. Мощность СТС – 50 см, вода с глубины 10 см.

Omr%, 0–5 см. Подстилочно-торфяный, слабо-разложившийся, рыхлый материал, состоящий из травянистого опада, слабо заилен.

TSmr%, 5–20 см. Черный, среднеразложившийся, заиленный моховой торф, пронизанный тонкими корнями осок, с запахом сероводорода. Обводнен. Переход резкий.

GS₁%, 20–30 см. Темно-сизый пылеватый суглинок, с черными пятнами сульфидов по зонам оторфованного материала. Единичные тонкие корни, обводнен. Переход резкий. Слабый запах сероводорода.

GS₂%, 30–45 см. Черный с сизоватым оттенком пылеватый суглинок, с тонкими прослоями, обогащенными сильноразложившимся торфянистым материалом. Обводнен. Подстиляется темным льдистым пылеватым суглинком.

Почва – *маршевая торфянисто-глеевая засоленная мерзлотная*.

Для данной почвы характерно резкое уменьшение содержания $C_{орг}$, с переходом в минеральные части профиля уменьшаются показатели потерь от прокаливания, что вызвано миграцией сюда подвижных форм органического вещества из торфяного горизонта (табл. 1–3). Кислая реакция верхних органогенных горизонтов сменяется на нейтральную с глубиной. При хлоридно-сульфатном засолении показатели ПОВВ в торфяном горизонте составляют 6.4% при сумме катионов и анионов – около 5%, что соответствует показателям солончаковых горизонтов. В минеральных горизонтах центральных частей профилей засо-

ление уменьшается, в надмерзлотных – возрастает. В составе обменных оснований доминируют магний и кальций при высоких значениях содержания натрия. Высоко также содержание подвижных форм фосфора и калия.

На удаленных от берегов озер и проток участках под покровом осоковой растительности формируются маршевые почвы с организацией профиля $O_{mrz}-T_{mrz}-T_{sz}-G_{sz}$ с оторфованной верхней частью профиля до глубины 30 см и яркими признаками присутствия сульфидов в нижних минеральных горизонтах. Торфяные горизонты верхних частей профилей засолены (ПОВВ до 2.3%), постепенно опресняются с глубиной (в центральных частях до 0.6%) при сохранении химизма засоления. Такие почвы относятся к *маршевым торфяно-глеевым засоленным мерзлотным*.

Большим сходством строения профилей, химизма засоления, основных свойств характеризуются почвы засоленных маршей низких морских побережий вне губы и прибрежных районов виск, где они занимают зоны шириной от десятков до первых километров. Почвы обладают слабой и средней степенями засоления минеральных горизонтов (ПОВВ – 0.3–0.5%) и более высокой верхних – торфянистых или серогумусовых (дерновых), в которых ПОВВ в зависимости от удаления от моря составляет от 1.5 до 2.0%. На слабозащитных участках засоленных маршей изредка проявляются признаки криотурбаций.

Почвы травяно-осоковых маршей. С удалением от морского побережья степень засоления маршей уменьшается, нагонные воды затапливают эту территорию не чаще двух раз в год. Минерализация вод в протоках, озерах колеблется от 0.5 до 1.2‰. Полигональный мерзлотный рельеф ведет к задержанию влаги в центральных частях полигонов, включая воды нагонов и атмосферные осадки, определяя степени их обводненности, засоления, характер протекающего здесь почвообразования. Обводненные полигоны заняты мхами и пушицей, в менее обводненных развит покров осоки обертковидной с ПП до 100%. Вода в профилях на глубине 5–8 см, мощность СТС 40–50 см. Уплотненные валики покрыты злаками, разнотравьем, стелющимися формами ив. Часть полигонов обводнена с поверхности, Подобные территории отнесены к маршевым осоковым лугам [2].

На территории осоковых лугов с полигонально-валиковым рельефом, размерами полигонов 16–18 м и валиками высотой 0.5–0.6 м, заложена серия разрезов, различающихся степенью обводненности почв и составом растительности.

Разрез 19-05 расположен в центральной части полигона с покровом осоки, мха при ПП 100%. Вода с глубины 5 см, минерализация – 0.4‰, СТС – 50 см.

T_{mrz} , 0–7 см. Бурый слабо разложенный заиленный осоковый торф, густо пронизан корнями. Переход резкий.

TG_{sz} , 7–15 см. Сизый пылеватый суглинок с включением отдельных крупных зон темного торфяного материала, мелких темных пятен сульфидов, редкими корнями осок. Переход постепенный.

G_{sz1} , 15–30 см. Сизый пылеватый суглинок с черными пятнами сульфидов и единичными корнями осок. Издаст сильный запах сероводорода. Переход постепенный.

G_{sz2} , 30–50 см. Сизый пылеватый суглинок с редкими мелкими черными пятнами.

Почва – *маршевая торфяно-глеевая засоленная мерзлотная*.

Почва не засолена, за исключением самого верхнего горизонта T_{mrz} , где значения ПОВВ достигают 1.8%. В гранулометрическом составе минеральных горизонтов доминирует пыль. При невысоких показателях содержания $C_{орг}$, потери от прокаливания высоки, реакция почв слабокислая (табл. 1–3).

На межполигональных валах шириной до 2 м, высотой 45 см покрытых разнотравно-злаковой растительностью с участием осок, мха, единичных ив, при мощности СТС около 40 см формируются торфяно-глеевые мерзлотные ($TG_{z}-Bg_{z}-[T_{mrz}]z-G_{z}$), обладающие сухим профилем, с линзами уплотненного слабо заиленного торфа в центральных частях ПОВВ минеральных горизонтов менее 0.1, в торфяных – 0.3–0.4%. Профиль имеет слабокислую реакцию.

В обводненных полигонах с мохово-пушицевой растительностью, мощностью СТС 45 см, формируются маршевые торфяно-глеевые мерзлотные почвы. Почвы не засолены (ПОВВ < 0.1%), обладают слабокислой реакцией. На низких террасах долин крупных рек Гальгаваам, Б. Куропаточья, расположенных здесь озер в условиях отсутствия мерзлотного рельефа формируются маршевые торфяно-глеевые слабозасоленные мерзлотные почвы (ПОВВ 0.3–0.4%). Они встречаются на удалении до 20 км от морского побережья. Сходные почвы с организацией профиля $O-Tz-GTsz$ развиты и в обводненных полигонах под пушицево-осоковыми ассоциациями при мощности СТС 45 см.

На удалении 10 км от морского побережья вблизи речных берегов, в условиях отсутствия полигонов под осоково-разнотравной растительностью с участием мхов на пылеватых суглинках формируются маршевые мерзлотные почвы с грубогумусовым верхним горизонтом. Профили не обводнены. Мощность СТС 45 см. Горизонт АО мощностью 10 см состоит из смеси пылеватого суглинка с сильно измельченным полуразложившимся буроватым торфом, густо переплетенного

корнями травянистых растений с тенденцией образовывать мелкокомковатые структурные отделимости. Подстилающие минеральные горизонты (Vg_z , Vg , fe_z) обладают сизоватой-ржавой окраской с яркими охристыми пятнами, содержание которых возрастает с глубиной. Засоление отсутствует ($ПОВВ < 0.1\%$). Близкие по строению маршевые почвы описаны Еловской и Караваевой западнее, на побережье Восточно-Сибирского моря, где они формируются на опесчаненных пылеватых морских отложениях. Почвы засолены слабо, несут признаки формирования дернового горизонта и отнесены к маршевым дерновым глеевым [8, 10].

В условиях низких пологих берегов и хорошо выраженного мерзлотного полигонального рельефа переход от почв маршей к маритимным выражен неявно, зона их распространения не превышает первых сотен метров. Влияние моря проявляется в слабом засолении почв отдельных мерзлотных полигонов ($ПОВВ 0.1-0.3\%$), под влиянием аэриально-го переноса солей, включая материал морской пены, которая образуется при штормах и нагонах, а также заноса с маршей засоленного растительного детрита. Большинство формирующихся здесь почв представлены глееземами, торфяно-глееземами, торфяными мерзлотными почвами и их слабозасоленными вариантами.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Особенности условий формирования талассолей аккумулятивных берегов Северо-Восточного моря определяются суровостью климата, малой мощностью СТС, краткостью периода оттаивания профилей, их высокой обводненностью, низкими летними температурами с доминирующими значениями ниже температур биологической активности ($5^{\circ}C$) (рис. 2). Важной чертой является относительная геологическая молодость побережья, оцениваемая концом плейстоцена началом голоцена [15, 27], современная активная перестройка его поверхности и береговой линии под влиянием термокаста и термоабразии. Большое значение в протекающем здесь почвообразовании имеет мерзлотный полигональный рельеф, который определяет перераспределение и задержание нагонных вод в полигонах, постоянную высокую обводненность формирующихся в них почв. Невысокая минерализация вод Восточно-Сибирского моря обеспечивает слабую засоленность прибрежных почв, а регулярные штормовые явления – значительную частоту и высоту нагонов, активную термоабразию берегового уступа, поступление в зону ваттов и маршей больших объемов грубого органического и пылеватого материала, что характерно для большинства почв аккумулятивных берегов Арктики [11, 20, 29, 30]. Вынос на прибрежную территорию значительных

объемов мощных плавучих льдов ведет к образованию эрозионных форм микрорельефа, а их таяние – к локальному опреснению почв и накопленным отложениям. Суровые климатические условия определяют ограниченный видовой состав растительности, при этом часть ее опада с ваттов, участков засоленных маршей нагонами выносятся за пределы территорий своего образования и, отлагаясь, участвует в формировании торфяных горизонтов из материала смешанного, автохтонно – аллохтонного происхождения.

Слаборазвитые маршевые мерзлотные почвы. Характерными чертами их строения является слабая проработка профилей процессами постлитогенного почвообразования, близкое залегание мерзлотного водоупора (30–80 см), обводненность профилей. Насыщенность почв водой при нагонах и сгонах препятствует активному поступлению в них свежих порций солей, их перераспределению с глубиной. При наличии в слоях органического вещества и солей, ярко проявляются морфохроматические признаки сульфидного засоления (отдельные округлые темноокрашенные зоны, диаметром 2–4 мм), при низком содержании солей – слабые признаки оглеения (охристые и сизые морфоны до нескольких сантиметров в диаметре). Присутствие слоев грубого органического материала ограничивает прогрев почв и снижает мощность СТС. СМП обладают преимущественно хлоридно-сульфатным магниевонатриевым типом засоления. Засоленность почв определяется близостью моря и локальными условиями их формирования: наличием мелких водоемов, площадок, где происходит таяние выжатых морских льдов, нахождением больших масс снежных надувов. Повышенным засолением обладают слои с наличием грубого органического материала, особенно в верхних частях профилей ($ПОВВ > 3.5\%$), что позволяет отнести такие почвы к сильнозасоленным. С глубиной степень засоления уменьшается. Средним к сильному засолению ($ПОВВ - 0.6-0.8\%$) характеризуются СМП, формирующиеся на участках, прилегающих к береговому уступу, где происходит таяние надувов снега и максимум содержания солей смещен в центральные части профилей. На удаленных от моря ваттах встречены СМП с повышенным содержанием солей в надмерзлотных частях профилей ($ПОВВ$ до 2.5–3.5%), материал которых находится в талом состоянии при отрицательной температуре в середине августа ($-1...-2^{\circ}C$), что связано с отжатием солей в составе растворов к границе многолетней мерзлоты при осенне-зимнем промерзании. Реакция профилей СМП от кислой в верхних до слабощелочной и нейтральной в средних и нижних. Потери от прокаливанию в слоях, содержащих торф или детрит, в значительной степени определяется содержанием в них минеральных примесей. В сло-

ях, полностью состоящих из грубого органического материала, они достигают 25% при отношении $C : N = 12-15$, что может быть связано со слабой биогеохимической трансформацией органического материала, в целом характерной для почв побережий арктических морей [13, 14, 23]. В минеральных слоях содержание $C_{орг}$ составляет 1.5–1.8%, при потерях при прокаливании – 9–10% и некотором сужении соотношения $C : N$ до 8–10. В составе обменных оснований доминируют магний и кальций, при близком к ним содержании натрия. Почвы обладают низким содержанием карбонатов, сходным с пылеватыми отложениями прилегающего района и морскими осадками. Со свойствами минеральных осадков связаны и высокие показатели содержания подвижных форм фосфора и калия, достигающие значений 3–5 и 2.5–6 мг/кг соответственно, что близко к содержанию их в позднеплейстоценовых отложениях и почвах Колымской низменности [5, 6]. Отличия заключаются в преобладании в почвах маршей содержания подвижного калия над фосфором.

В минеральных слоях СМП содержание несиликатных соединений железа наиболее высоко (табл. 2), аморфные формы преобладают над окристаллизованными. Связи содержания этих соединений со степенью засоления и признаками формирования в них сульфидов не выявлено.

Специфика строения СМП проявляется в наличии в них признаков криотурбаций. Наиболее ярко они проявляются в почвах, которые не содержат прослоев грубого растительного материала в приповерхностных частях профилей и лишённых напочвенного растительного покрова.

В *маршевых почвах* побережий арктических морей существует устойчивая взаимосвязь строения и свойств в зависимости от удаленности от моря, развития мерзлотного полигонального рельефа, обводненности профилей, растительности [16, 20, 22–26]. Торфяные горизонты несут признаки заиливания ($Tmг_{з}$), лежащие глубже минеральные части профилей дифференцированы на генетические горизонты. В их свойствах и строении сохраняются признаки, унаследованные от предыдущих, более активных стадий синлитогенного почвообразования, на которые накладывается влияние современного, постлитогенного. Почвы мерзлотных полигонов обводнены с поверхности или с глубины не более 5–15 см. В зависимости от мощности поверхностного торфяного горизонта, наличия органического материала в центральных частях профилей, их обводненности, мощности СТС могут меняться от 30 до 75 см. На засоленных маршах формируются маршевые торфяные мерзлотные почвы с широким диапазоном засоления. Наиболее засолены почвы, развивающиеся вблизи моря, особенно их верхние торфяные горизонты. Содержание несиликатных соедине-

ний железа в них меньше, чем в СМП, при преобладании окристаллизованных форм (табл. 2). Повышенным засолением обладают погребенные торфяные горизонты, что связано с сорбцией и удержанием солей грубым органическим материалом [13]. Почвы имеют кислую реакцию, содержат в минеральных горизонтах до 2.5% $C_{орг}$, что обеспечивает яркое проявление в них признаков формирования сульфидов, здесь высокое содержание подвижных форм калия и фосфора. Значительная обводненность почв маршей, наличие торфяного горизонта резко снижает проявление в них признаков криотурбаций.

На травянистых маршах, при доминировании постлитогенного педогенеза, разнообразие почв уменьшается. В условиях полигонального рельефа формируются маршевые торфяные, маршевые глеевые мерзлотные почвы, обводненные с глубины 5–15 см. Мощность торфяного горизонта в них не превышает 20 см, при потерях от прокалывания 30–45%. Показатели ПОВВ в почвах травянистых маршей составляют от 0.1 до 1% с максимумом содержания солей в верхних горизонтах при хлоридно-сульфатном типе засоления. Даже в условиях слабого засоления горизонты могут иметь интенсивную черную окраску, указывающую на наличие сульфидов, что может быть связано как с их реликтовым происхождением, так и с длительно идущей сульфатредукцией в устойчивых восстановительных условиях [20, 24]. Профили обладают слабокислой и кислой реакцией. Признаки криотурбаций в почвах маршей выражены слабо или отсутствуют.

На участках с полигонально-трещиноватым рельефом и на межполигональных валах в условиях отсутствия обводненности профилей формируются торфяно-глеевые и глеевые с грубогумусовым горизонтом. Верхние горизонты могут быть слабо засолены (ПОВВ до 0.3%), при потерях от прокалывания до 40%, отношением $C : N$ от 8 до 12, что свидетельствует о слабом поступлении в них минеральных взвесей с нагонными водами. Почвы обладают слабокислой реакцией, содержанием $C_{орг}$ в минеральных горизонтах до 1.3%, высокими показателями содержания в них подвижных форм калия и фосфора.

Маритимные мерзлотные почвы побережья обладают строением, характерным для зональных почв арктических тундр, и преимущественно представлены криоземами, мерзлотными глеевыми и торфяно-глеевыми. Влияние моря здесь проявляется в присутствии в горизонтах отдельных свойств и признаков, не формирующих самостоятельных генетических горизонтов (s, mg, g) и связано с импульверизацией солей (ПОВВ 0.1–0.3%), ветровом приносе с оголенных участков ваттов и маршей минерального материала и рас-

тительного детрита, устойчивым повышенным увлажнением из-за близкого нахождения моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы маршей аккумулятивных берегов Восточно-Сибирского моря (в том числе слаборазвитые) обладают рядом черт строения, свойств, закономерностей развития и распространения, определяемых спецификой их формирования в восточном секторе российской Арктики. Наиболее высоким разнообразием строения, свойств, динамикой перестройки характеризуются слаборазвитые маршевые почвы. Наряду с факторами влияния моря, на формирование почв засоленных и травяно-осоковых маршей определяющее значение в их развитии приобретает наличие мерзлотного полигонального рельефа и развитие криогенных процессов, дополнительно способствующих переувлажнению профилей.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа выполнена в рамках Госзадания АААА-А18-118013190181-6 и при поддержке грантов РФФИ 19-04-00125а, 19-05-00071а.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алисов Б.П., Полтораус Б.В.* Климатология. Изд-во Моск. ун-та, 1974. 296 с.
2. *Андреев В.Н., Перфильева В.И.* Растительность Нижнеколымской тундры. Растительность и почвы субарктической тундры. Новосибирск: Наука, 1980. 280 с.
3. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. М., 1989. 115 с.
4. *Губин С.В., Веремева А.А.* Почвообразующие породы Северо-Востока России, обогащенные органическим веществом // Почвоведение. 2010. № 11. С. 1334–1340.
5. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Почвы и отложения озерно-аласных котловин тундр Колымской низменности // Почвоведение. 2020. № 7. С. 775–790. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070047>
6. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Почвы суглинистых водоразделов приморских тундр Севера Якутии: условия и процессы формирования // Почвоведение. 2017. № 2. С. 1–11. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17020046>
7. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Предложения по классификации почв аккумулятивных берегов морей восточного сектора Российской Арктики // Почвоведение. 2022. № 1. С. 1–8. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010051>
8. *Еловская Л.Г., Петрова Е.И., Тетерина Л.В.* Почвы Северной Якутии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1979. 303 с.
9. *Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г.* Берега. М.: Мысль, 1991. 479 с.
10. *Караваева Н.А.* Тундровые почвы Северной Якутии. М.: Наука, 1969. 205 с.
11. *Кашенко В.С., Яшин И.М. и др.* Засоленные почвы дельты Северной Двины // Изв. Тимирязевской с.-х. академии. 1981. № 1. С. 85–93.
12. Классификация и диагностика почв России. М.: Ойкумена, 2004. 341 с.
13. *Костенкова А.Ф.* Маршевые почвы юга Приморья и особенности их солевого состава // Почвоведение. 1979. № 2. С. 22–29.
14. *Кузнецова А.М.* Эволюция морских отложений в маршевые почвы на различных типах берегов // Вест. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1999. № 2. С. 20–27.
15. Органическое вещество донных отложений полярных зон Мирового океана. Л.: Недра, 1990. 280 с.
16. *Свиточ А.А.* Строение и возраст морских террас Нижне-Анадырской низменности Берингия в кайнозойе. Владивосток, 1976. С. 67–72.
17. *Сусекова Н.Г., Оганесян А.Ш.* Засоленные почвы о. Врангеля // Почвы ДВ и других регионов СССР: теоретические основы повышения их продуктивности, эффективности использования и охраны. Владивосток, 1990. Кн. 2. С. 87–92.
18. Теории и методы физики почв. Коллективная монография / Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.
19. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
20. *Холодов А.Л., Ривкина Е.М., Гуличинский Д.А., Федоров-Давыдов Д.Г., Губин С.В., Сороковиков В.А., Остроумов В.Е., Максимович С.В.* Оценка количества органического вещества, поступающего в арктический бассейн при термоабразии побережья моря Лаптевых и Восточно-Сибирского // Криосфера Земли. 2003. Т. VII. № 3. С. 3–12.
21. *Черноусенко Г.И., Орешникова Н.В., Украинцева Н.Г.* Засоление почв побережья северных и восточных морей России // Почвоведение. 2001. № 10. С. 1192–1206.
22. *Шамрикова Е.В., Денева С.В., Кубик О.С., Пунегов В.В., Кызьюрлова Е.В., Боброва Ю.И., Зуева О.М.* Кислотность органогенных горизонтов арктических почв побережья Баренцева моря // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1325–1335. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17110107>
23. *Шамрикова Е.В., Денева С.В., Кубик О.С.* Распределение углерода и азота в почвенном покрове прибрежной территории Баренцева моря (Хайпудырская губа) // Почвоведение. 2019. № 3. С. 1–12. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19030092>

24. *Шляхов С.А.* Классификация почв морских побережий. Владивосток, 1996. 35 с.
25. *Jaworski A.Z., Tedrow J.C.F.* Pedologic properties of New Jersey tidal marshes // *Soil Sci.* 1985. V. 1. P. 21–29.
26. *Kincheloe K.L., Stehn R.A.* Vegetation patterns and environmental gradients in coastal meadows on the Yukon – Kuskokwim delta, Alaska // *Canadian J. Botany.* 1991. V. 7. P. 1616–1627.
27. *Reed D.J.* The response of coastal marshes to sea-level resurrounding or submergence // *Earth surface and landforms.* 1995. V. 20. P. 167–174.
28. *Shur Y., Fortier D., Jorgenson M.T., Kanevskiy M., Schirmermeister L., Strauss J., Vasiliev A., Ward Jones M.* Yedoma Permafrost Genesis: Over 150 Years of Mystery and Controversy // *Front. Earth Sci.* 2022. V. 9. P. 757891. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.757891>
29. *Speetjens N.J., Tanski G., Martin V., Wagner J., Richter A., Hugelius G., Boucher C., Lodi R., Knoblauch C., Koch B.P., Wunsch U., Lantuit H. and Vonk J.E.* Dissolved organic matter characterization in soils and streams in a small coastal low-arctic catchment // *Biogeosciences. Discussions.* Preprint. Discussion started: 13 December 2021. <https://doi.org/10.5194/bg-2021-317>
30. *Tarnocai C.* Soil and terrain development on the York Factory peninsula, Hudson Bay lowland // *Nature of Canada.* 1982. V. 3. P. 511–522.
31. *Tseits M.A., Dobrynin D.V.* Classification of marsh soils in Russia // *Eurasian Soil Science.* 2005. V. 38. Suppl. 1. P. S44–S48.

Soils of the Accumulative Shores of the East-Siberian Sea

S. V. Gubin¹*, A. V. Lupachev¹, and A. K. Khodzhaeva¹

¹ *Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow oblast, 142290 Russia*

*e-mail: gubin.stas@mail.ru

Thalassosols that form on the accumulative types of shores of the East-Siberian Sea unite initial soils of regularly flooded watten territories with sparse vegetation, episodically flooded marsh soils with different degree of salinization and maritime soils that are morphologically close to the zonal soils but are affected by the impulverization of salts and organo-mineral matter from the non-vegetated seashores. Weakly developed marsh soils have the initial features and structure of the marine sediments combined with the processes of salinization, sulfate-reduction, gleyization, cryogenic mass-exchange as well as the processes of accumulation and weak biochemical transformation of the coarse organic matter. Soils with different degree of salinization form within the marsh territories with the horizons of salt accumulation in the uppermost organogenic horizons and in the suprapermfrost layers along with well-expressed sulfate-reduction. Weakly salinized organogenic and peaty-gleyic soils dominate of the territories of sedge marshes. The majority of studied marsh soils form under the conditions of well-expressed polygonal microrelief, high water content and close underlying of permafrost.

Keywords: Arctic, marsh, watten, marsh soils, maritime soils, permafrost, Tidalic Cryosols