

## Разнообразие и свойства почв южной части Дальневосточного морского заповедника

Е. А. Жарикова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН  
Владивосток, Российская Федерация, 690022  
\*E-mail: ejarikova@mail.ru*

**Аннотация.** Изучены особенности морфологического строения и физико-химические свойства 8 типов почв, принадлежащих к 4 отделам. Разнообразие природных факторов способствует формированию широкого ряда почвенных выделов — от слабо развитых до полигенетичных на сравнительно небольшой площади. Основные черты почвенного покрова обусловлены комплексом элементарных почвообразовательных процессов, среди которых преобладают аккумулятивно-гумусовый, иллювиально-гумусовый, оглинивания и оглеения. Выявлено: а) для условий морских террас наиболее характерны псаммозёмы гумусовые, тёмногумусовые, серогумусовые типичные и глееватые почвы; б) к средней части склонов приурочены бурозёмы тёмногумусовые и иллювиально-гумусовые; в) на невысоких останцах и сопках формируются бурозёмы типичные и литозёмы. Все почвы хорошо гумусированы (6–14 %), реакция среды колеблется в широком диапазоне: от сильнокислой до нейтральной (рН 3.9–7.2). В почвенном поглощающем комплексе преобладает кальций, выявлено также повышенное содержание натрия (до 2.95 смоль (экв)/кг). Большинство почв имеет высокий уровень плодородия. Показано влияние антропогенного и орнитогенного воздействия на облик и состав почв.

**Ключевые слова:** состав почвенного покрова, физико-химические свойства почв, плодородие почв, погребённые горизонты.

### Введение

Почвы островов залива Петра Великого неоднократно привлекали внимание различных исследователей. С. В. Зонн [1976], рассматривая бурые лесные почвы о. Рикорда под вторичными дубовыми лесами с хорошо развитым травянистым покровом, высказал мнение, что особенности их физико-химического состава и гумусообразования являются следствием повышенной влажности почв, связанной с процессом прибойного и капельно-импульверизационного увлажнения. Позднее было отмечено, что воздействие данного увлажнения на состав и свойства почв хорошо проявляется только на небольших островах [Selivanova, 1988]. Б. Ф. Пшеничников и В. И. Голов [1998], обобщив накопленные материалы, пришли к выводу, что на островах отчётливо выражены два эволюционно взаимосвязанных подтипа бурозёмов: типичных бурозёмов, развитых под лесной растительностью, и тёмно-бурых иллювиально-гумусовых бурозёмов, формирующихся под лесами с богатым травяным покровом, либо травянисто-кустарниковыми зарослями.

Дальнейшие исследования расширили представления о почвах архипелага Римского-Корсакова и позволили установить связь специфики гумусообразования и гумусонакопления с биоклиматическими особенностями формирования бурозёмов. Было выявлено, что на пространственно-сезонную

динамику щелочно-кислотного состояния и состава почвенных растворов значительное влияние оказывают химический состав атмосферных осадков, импультверизация морских вод, интенсивность трансформации органического вещества (включая и пирогенную) и функционирования биоты [Пшеничников, Пшеничникова, 2004, 2013].

В настоящее время достоверно установлено, что почвы довольно узких береговых полос материковых побережий и небольших островов имеют особые специфические черты морфологии и состава, поскольку формируются в условиях, отличающихся от условий внутриконтинентальных территорий. Геохимические особенности данных участков могут являться причиной формирования особых типов почв [Ивлев, 1982; Пшеничников, Пшеничникова, 2014; Пшеничников и др., 2020; Dobrovolskiy, 1991; Kostenkov, Zharikova, 2018].

Остров Фуругельма, мыс Островок Фальшивый, и побережье бухты Пемзовая входят в состав южного участка Дальневосточного морского заповедника. Почвенный покров этого района остаётся слабоизученным. П. В. Елпатьевский [2004] отметил, что сложное сочетание факторов почвообразования способствует формированию большого почвенного разнообразия на относительно небольшой территории острова, при этом «основным фактором дифференциации является экспозиция склонов, которая определяет не различия в радиационном и тепловом режиме, что наиболее обычно для материковых условий, а различия в ветровом режиме и увлажнении, причём, что характерно для острова, увлажнении «горизонтальными» осадками, влагой туманов» (стр. 293). Таким образом, в почвенном покрове острова проявляются черты, характерные как для континента, так и для островов.

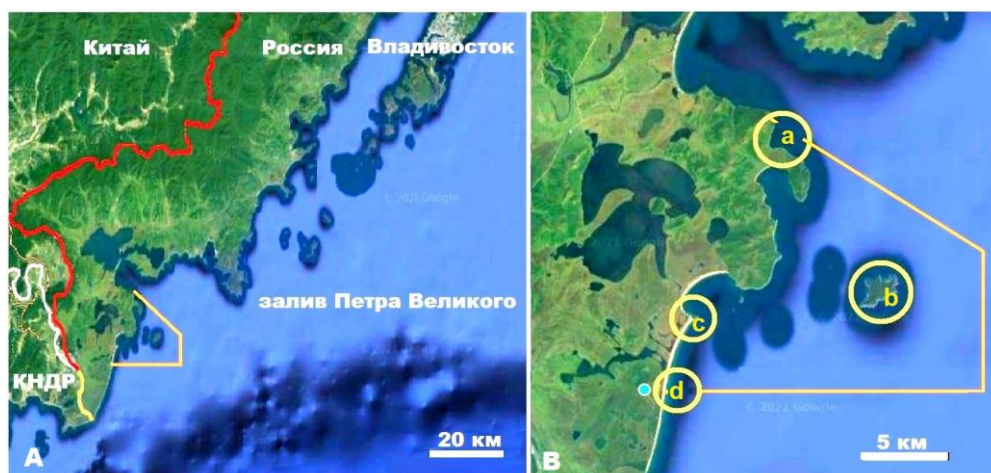
В работе Т. Г. Коваль [1987] приведено морфологическое описание бурых лесных и дерново-бурых почв и охарактеризован качественный состав гумуса, на основании которого сделан вывод о том, что при разложении растительных остатков в почвах о. Фуругельма происходит образование гумуса преимущественно фульватного типа. Была выполнена физико-химическая характеристика бурых лесных и лугово-дерновых почв, отмечено, что почвенное разнообразие острова не исчерпывается только данными типами. И. М. Родникова с соавторами [2017] указывают, что на острове Фуругельма и мысе Островок Фальшивый под зарослями гмелинополынного формируются бурозёмы тёмные иллювиально-гумусовые в условиях активного геохимического воздействия морских воздушных масс.

Территория юго-западного Приморья согласно почвенно-географическому районированию России является частью хвойно-широколиственной зоны бурых лесных почв Восточной бурозёмной лесной области [Добровольский, Урусевская, 2004]. Хотя бурозёмы и доминируют на островах залива Петра Великого, на них, как и на прибрежных материковых территориях присутствуют и другие типы почв, некоторые из которых ранее не были описаны.

Цель работы — уточнение состава почвенного покрова южного участка «Дальневосточного морского заповедника», характеристика физико-химических свойств и элементного состава почв.

### Материал и методика

Исследован почвенный покров южной части Дальневосточного морского заповедника (рис. 1) с использованием сравнительно-географического, морфологического и сравнительно-аналитического методов. В различных типах ландшафтов были заложены 17 почвенных разрезов, что позволило уточнить состав почвенного покрова (табл. 1). Морфологическое описание почв дополнено фотосъёмкой, классификационная принадлежность почв определена до подтипового уровня в соответствии с Классификацией почв России [Шишов и др., 2004; Полевой определитель ..., 2008]. Отбор образцов и пробоподготовка выполнены согласно ГОСТ 17.4.4.02.2017<sup>1</sup>.



**Рис. 1.** Район исследования: А — расположение по отношению к государственной границе; В — структура района исследования. Условные обозначения: красная линия — российско-китайская граница; белая линия — корейско-китайская граница; желтая линия — российско-корейская граница; оранжевая линия — границы Южного участка Дальневосточного морского заповедника; а — бухта Пемзовая; б — остров Фуругельма; с — мыс Островок Фальшивый; d — район работ на широте горы Голубиний утёс; голубая точка — гора Голубиний Утёс.

Топооснова <https://www.google.com/maps>).

**Fig. 1.** The research area: A — location in relation to the state border; B — the structure of the study area. Legend: the red line is the Russian-Chinese border; the white line is the DPRK-Chinese border. The yellow line is the border between Russia and the DPRK, the orange line is the border of the Southern section of the Far Eastern Marine Reserve; a — Pempzovaya Bay; b — Furugelm Island; c — Cape Ostrovok Falshiviy; d — work area at the latitude of Golubiniy Cliff; blue dot — Golubiniy Cliff.

Topographic basis <https://yandex.ru/maps/>.

<sup>1</sup> ГОСТ 17.4.4.02.2017 Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Стандартинформ, 2018. 21 с.

Содержание гумуса определяли методом И. В. Тюрина, рН солевой — потенциометрически, содержание обменных катионов — в ацетатно-аммонийной вытяжке (по Шолленбергеру), подвижные соединения фосфора и калия — по методу Кирсанова [Агрохимические методы ..., 1975]. Элементный анализ почв выполнен методом рентгенфлуоресцентной спектроскопии на спектрометре EDX-800HS (Shimadzu), в формате количественного анализа в вакуумной среде по аттестованной методике М-02-0604-2007<sup>1</sup>. Все химико-аналитические работы выполнены автором в аналитическом центре ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

**Табл. 1.** Основные типы почв южной части заповедника.

**Tab. 1.** The main types of soils in the southern part of the reserve.

Отдел	Тип	Подтип	Строение профиля
Ствол постлитогенного почвообразования			
Структурно-метаморфические	Бурозёмы	типичные	AУ-BM-C AУ- BM-R
	Бурозёмы тёмногумусовые	типичные	AU-ABM-BC AU-AB-BM-BC AU-AB-BM-R
		иллювиально-гумусовые*	AU-AB-BMhi-BC
Органо-аккумулятивные	Серогумусовые	типичные	AУ-C AУ-C-[AC]-[A]-[C]-[AC]
		глееватые	AУ-Cf-Cg
	Тёмногумусовые	типичные	AU-AC-[A]-[ABM]-BC
Литозёмы	Тёмногумусовые	типичные	AU-R
Ствол первичного почвообразования			
Слаборазвитые	Псаммозёмы	гумусовые	W-WC-R
* Не отражены в Классификации..., 2004; Полевом определителе почв, 2008.			

*Географические условия района исследований.* Образование островов зал. Петра Великого относится к позднему неогену (плиоцен). В четвертичный период очертания береговой линии Приморья и его климат неоднократно изменялись (от умеренно-тёплого до умеренно- холодного и даже холодного). На морских террасах выявлены следы трёх осцилляций уровня моря с максимальным подъёмом до уровня +6 м, последняя трансгрессия океана произошла в голоцене [Короткий и др., 2005]. В настоящее время большая часть территории представляет собой холмисто-увалистый и останцово-педиментный рельеф с абсолютными высотами до 150 м. Водоразделы

<sup>1</sup> М-02-0604-2007 Методика выполнения измерений массовой доли кремния, кальция, титана, ванадия, хрома, бария, марганца, железа, никеля, меди, цинка, мышьяка, стронция, свинца, циркония, молибдена в порошковых пробах почв и донных осадков рентгеноспектральным методом с применением энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных спектрометров типа EDX фирмы Shimadzu. – Спб., 2007. 17 с.

преимущественно плосковершинны, склоны средней крутизны и пологие. На прибрежной аккумулятивной равнине выделен комплекс высоких и низких морских террас [Belyanin, 2010].

Остров Фуругельма сложен светлыми среднезернистыми массивными гранитами, в составе которых присутствуют полевые шпаты, кварц, относительно мелкие чешуйки биотита и мусковита. Гранодиориты мелкозернистые слагают скальный выход мыса Островок Фальшивый. Граниты небольших вершинок в западной части бухты Пемзовая представляют собой розоватые массивные мелкокристаллические породы, содержащие коричневый биотит, зелёную роговую обманку, андезин, кварц [Коренбаум, Соляник, Ефимова, 2004]. Основными почвообразующими породами увалистой части являются элювиальные и делювиальные щебнистые образования, мощность и утяжеление гранулометрического состава которых возрастают вниз по склону. Независимо от характера горных пород их элювий и делювий имеют суглинистый состав и буровато-ржаво-коричневый цвет, что свидетельствует об ожелезнении поверхностных частей щебня (либо всего щебня) в процессе выветривания [Зонн, 1982]. Низкие морские террасы сложены галечниками, косослоистыми песками, суглинками. Морские пляжи представлены песчаными и валунно-галечниковыми отложениями.

Современный климат характеризуется повышенной по сравнению с материком влажностью воздуха, туманами и сильными, почти постоянными, ветрами. В зимний период территория находится под влиянием азиатского антициклона, при этом средняя температура января составляет примерно 10°C, количество осадков мало, небо безоблачное, нередко полное отсутствие снегового покрова. Весной и летом ветры восточных направлений переносят прохладный влажный морской воздух, способствуя обильным туманам. В этот период выпадает наибольшее количество осадков, 680–740 мм, но из-за тайфунных ливней максимальные цифры могут вдвое превышать средние многолетние. Реальное количество атмосферных осадков также может быть значительно выше суммы, учитываемой дождемерами на метеостанциях по причине «горизонтальных осадков» (осаждения туманной влаги на поверхности растений). Сильные штормовые ветры и обильные туманы могут быть причиной отсутствия лесной растительности на мористых восточных и юго-восточных склонах острова. Особенностью «морского» климата также является сдвиг температурного максимума на август, когда среднемесячные температуры близки к 20°, при этом сентябрь теплее июня. Безморозный период составляет около 190 дней и длится до конца октября; период вегетации немногим более 200 дней. Сумма активных температур на островах варьирует от 2200° на наветренных, подверженных постоянному выносу морских ветров берегах и склонах возвышенностей, до 2600° и 2900° в заветренных бухтах и распадках более крупных островов [Ластовецкий, Якунин, 1981; Научно-прикладной справочник, 1988].

Растительный покров неоднороден, в нем соседствуют широколиственные леса (липово-кленово-дубовые, ясенёво-бархатово-смородиновые, барбарисо-мелкоплодниково-рододендровые, ясенёво-аралиево-рододендровые фитоценозы), полынно-злаковые группировки,

элементы ксерофитно-полукустарниковых и петрофильно-травянистых сообществ, разнотравно-злаковые и остепнённые луга, сорно-разнотравная растительность. На острове Фуругельма единично встречается сосна густоцветковая, распространены рододендроны Шлиппенбаха, ольха японская [Горовой, Бойко, 1981; Чубарь, 2005; Родникова и др., 2017].

До образования заповедника на этой территории длительное время велась хозяйственная деятельность (в том числе и находились объекты Министерства обороны). Кроме того, на функционирование наземных экосистем заповедника оказывают влияние регулярные пожары.

### Результаты и обсуждение

Бурозёмы типичные приурочены к повышенным элементам рельефа под широколиственными лесами на рыхлых щебнистых породах. Почвы хорошо дренированы, переувлажнения не испытывают, поэтому в профиле преобладают аэробные условия. В таких условиях активно протекают процессы накопления подстилки и гумусообразования, а также оглинивания средней части профиля за счёт интенсивного внутрипочвенного выветривания при хорошей водопроницаемости почвенной толщи.

Разрез 10. Заложен в центральной части о. Фуругельма в верхней трети крутого склона южной экспозиции, уклон около 15°, поверхность ровная, 94 м над уровнем моря. Молодой сосновый лес, леспедца, рододендрон, осоки. Воздействие морских ветров и туманов умеренное. Хорошая прогреваемость солнцем этих склонов вызывает более быстрое их иссушение. На поверхности подстилка мощностью 2–3 см из очёса трав, листьев дуба, опада хвои сосны. Бурозём типичный (рис. 2).



**Рис. 2.** Бурозёмы типичные: А — разрез 14 на пологом склоне побережья бухты Пемзоявая; В — разрез 10 на крутом склоне о-ва Фуругельма (В).

**Fig. 2.** Typical burozem: A — pit 14 on a gentle slope of Pemzovaya Bay coast; B — pit 10 on a steep slope on Furugelm Island.

АУ 0–10 см. Задернован до глубины 5 см, влажный, тёмно-серый с бурым оттенком, легкосуглинистый, порошистой структуры, рыхлый, обильное содержание тонких корней, единично корни диаметром до 2 см, переход заметный.

ВМ 10–17 см. Влажный, бурый, легкосуглинистый, дресвянистый, структура зернисто-порошистая, рыхлый, обильно присутствуют корни диаметром до 1 см, переход резкий.

ВС 17–40 см. Влажный, ярко-бурый, легкосуглинистый, дресвянистый, уплотнён, бесструктурный, содержит отдельные тонкие корни, переход резкий.

Р глубже 40 см. Крупные обломки выветрелого гранита, размером более 5 см.

Разрез 14. Заложен на пологом склоне юго-восточной экспозиции сопки в северо-западной части побережья бухты Пемзоя, уклон 4–5°, микрорельеф ровный, 47 м над уровнем моря. Редколесье дуба зубчатого, лещина, леспедеца, крупнотравье. На поверхности остатки сгоревшего опада трав и угли, редкие сухие листья. Бурозём типичный (рис. 2).

АУ 0–13 см. Влажный, тёмно-серый с бурым оттенком, легкосуглинистый, зернисто-порошистой структуры, рыхлый, обильное содержание корней трав, встречается дресва диаметром до 2 см, переход постепенный.

ВМ 13–30 см. Влажный, серовато-бурый, среднесуглинистый, комковатый, уплотнён, сильнокаменистый, обильно корни, переход резкий.

ВС 30–42 см. Сырой, бурый, тяжелосуглинистый, хорошо выражена комковатая структура, присутствие мелкозёма до 20 %, сильнокаменистый, содержит преимущественно щебень диаметром до 10 см.

Бурозёмы типичные имеют сильнокислую среду по всему профилю, хорошо гумусированы (табл. 2). Содержание гумуса в поверхностных слоях среднее (5.86–6.65 %), в глубине профиля может достигать 1.60–2.16 %. Сумма обменных катионов оценивается как повышенная, в составе катионов доминирует кальций, степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса (ППК) основаниями варьирует от низкой до повышенной (53–79 %). Количество доступного фосфора в поверхностных слоях очень низкое, количество доступного калия лежит в пределах от среднего до повышенного, с глубиной содержание элементов питания резко снижается.

Бурозёмы тёмногумусовые развиты на склонах под мезофильными и гигрофильными широколиственными лесами, редколесьями и кустарниково-разнотравными лугами. Впервые в юго-западной части Приморья под вторичными порослевыми дубняками с хорошо развитым травяным покрытием их описала М. А. Жукова [1934] как бурые лесные задернованные почвы (внешне похожие на чернозёмы), Н. А. Крейда [1970] выделил их как дерново-бурые почвы.

Существует мнение, что ведущими факторами, определяющими особенности бурозёмообразования в приокеанической части юга Приморья, являются состав и динамика растительного покрова [Пшеничников, Пшеничникова, 2013].

Табл. 2. Свойства почв южной части заповедника.

Tab. 2. Soil properties of of the southern part of the reserve.

Горизонт	Глубина, см	pH <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				СМОЛЬ (ЭКВ)/КГ				МГ/100 Г ПОЧВЫ	
Разр. 10. Бурозём типичный									
AУ	0–10	4.3	6.65	9.18	4.59	1.84	74	0.6	9.3
ВМ	10–17	4.4	4.55	6.00	4.01	1.74	76	0.4	4.2
ВС	17–40	4.5	2.19	5.05	4.04	2.28	79	0.7	1.6
Разр. 1. Бурозём тёмногумусовый									
AU	0–27	6.5	12.40	27.81	7.72	1.43	96	154.5	76.2
AB	27–48	7.2	10.89	55.08	9.69	2.01	99	214.2	27.5
BC	48–66	7.2	4.69	39.65	6.70	2.89	99	182.3	28.3
Разр. 15 Бурозём тёмногумусовый									
AU	1–18	4.4	6.13	7.28	4.16	2.35	57	0.2	7.8
AB	18–26	4.4	5.01	5.15	5.15	2.33	58	0.1	5.7
ВМ	26–42	4.2	1.95	5.10	3.06	2.73	59	следы	3.3
BC	42–60	4.2	1.16	3.57	3.06	2.44	58	следы	1.9
Разр. 7. Серогумусовая типичная									
АО	0–8	4.6	12.71	9.69	3.57	0.69	66	2.6	7.2
AУ	8–22	4.0	7.09	5.01	2.01	0.55	75	3.0	3.8
С	22–38	4.4	0.10	5.00	1.04	0.65	89	3.1	2.2
[AC]	38–50	4.9	1.19	5.03	4.50	1.90	90	6.5	4.1
[A]	50–56	5.1	0.16	10.11	8.08	1.79	85	55.3	6.3
[C]	56–87	7.1	0.10	5.04	6.04	1.32	98	17.2	2.5
[AC]	87–105	6.1	0.41	3.51	1.51	1.77	93	9.2	0.9
Разр. 8. Тёмногумусовая на погребенном буроземе									
AU	0–22	4.5	7.65	10.02	3.52	1.65	77	7.5	4.7
AUC	22–38	5.0	4.14	5.00	6.01	1.42	91	14.7	1.5
[AY]	38–66	5.1	1.34	8.51	6.00	1.45	80	18.5	2.1
[BM]	66–85	4.8	0.88	9.04	6.03	1.03	84	14.5	1.7
[BC]	85–100	4.9	0.42	7.07	6.06	2.44	85	11.1	1.5
Разр. 3а. Литозём тёмногумусовый									
AU	0–21	4.8	10.64	19.95	11.03	2.95	79	8.4	16.3
Разр. 4. Псаммозём гумусовый									
W	0–2	6.8	35.66*	26.52	7.14	2.38	97	93.8	28.1
WC	2–35	5.8	18.86*	5.05	4.55	0.75	89	16.2	16.2

Примечание. \*— потеря при прокаливании; V — степень насыщенности основаниями.

Разрез 1. Заложен на шлейфе северного склона на мысе Островок Фальшивый в 12 м от уреза воды, 10 м над уровнем моря. Поверхность ровная. Растительность сорная, труднопроходимая. Почва сформирована на раковинной куче, относящейся к янковской культуре (начало железного века,



2–1 в. до н.э.) [Гарковик, 2004, 2014]. В этот период из-за воздействия восточноазиатского муссона происходило первое в суббореале усиление континентальности климата, вследствие чего произошла смена полидоминантных широколиственных лесов на дубово-широколиственные [Короткий, 2009]. На поверхности находится множество мелких раковин наземных брюхоногих моллюсков диаметром до 2 см, опад трав мощностью до 1 см. Бурозём тёмногумусовый (рис. 3).

АУ 0–27 см. Влажный, тёмно-серый с бурым оттенком и черными пятнами (до 1 см), легкосуглинистый, комковато-зернистой структуры, рыхлый, присутствуют отдельные камни диаметром до 10 см, угли, обильно встречаются корни; переход резкий, граница ровная.

АВ 27–48 см. Влажный, тёмно-бурый, среднесуглинистый, хорошо оструктурен, комковато-зернистый, уплотнён, среднекаменистый, камни диаметром от 1 до 5 см, обильно присутствуют корни, угли, очень обильно встречаются раковины двустворчатых моллюсков диаметром до 10 см, переход резкий.

ВС 48–66 см. Влажный, серый с бурым оттенком, среднесуглинистый, комковато-порошистой структуры, сильнокаменистый, содержание мелкозёма между большими камнями не более 20 %, многочисленны раковины двустворчатых моллюсков диаметром до 10 см, (но их количество меньше, чем в предыдущем слое).

Особенные условия формирования повлияли на свойства данной почвы (разрез 1). Ей присуща нейтральная реакция среды по всему профилю при очень низком уровне гидролитической кислотности (0.74–1.65 смоль (экв)/кг). Профиль глубоко гумусирован. На высокое содержание гумуса в прибрежных почвах обращали внимание неоднократно и связывали его с повышенным содержанием в средней части профиля фракции бурых гуминовых кислот, связанных с полуторными окислами [Иванов, 1976; Хавкина, 1977; Пшеничников и др., 2020]. Содержание обменных катионов очень высоко, почвенный поглощающий комплекс полностью насыщен ими. Содержание доступного калия оценивается как избыточное. Судя по количеству доступного и валового фосфора, почвы относятся к сверхсильнозафосфаченным, что служит признаком явного антропогенного воздействия (активная добыча морских моллюсков и водорослей, в частности, способствует перераспределению фосфора с океана на сушу) [Безуглова, Орлов, 2000; Prokof'eva, et al., 2014].

Разрез 9. Заложен в верхней части крутого южного склона над птичьим базаром на о. Фуругельма, уклон 10–15°, 87 м над уровнем моря, поверхность ровная (рис. 3).

Сорно-разнотравная растительность. На поверхности слабо разложившийся травяной опад (преимущественно листья и стебли мари) мощностью около 4 см. На почвы оказывает интенсивное влияние многовидовая колония птиц [Жарикова, 2020]. Бурозём тёмногумусовый

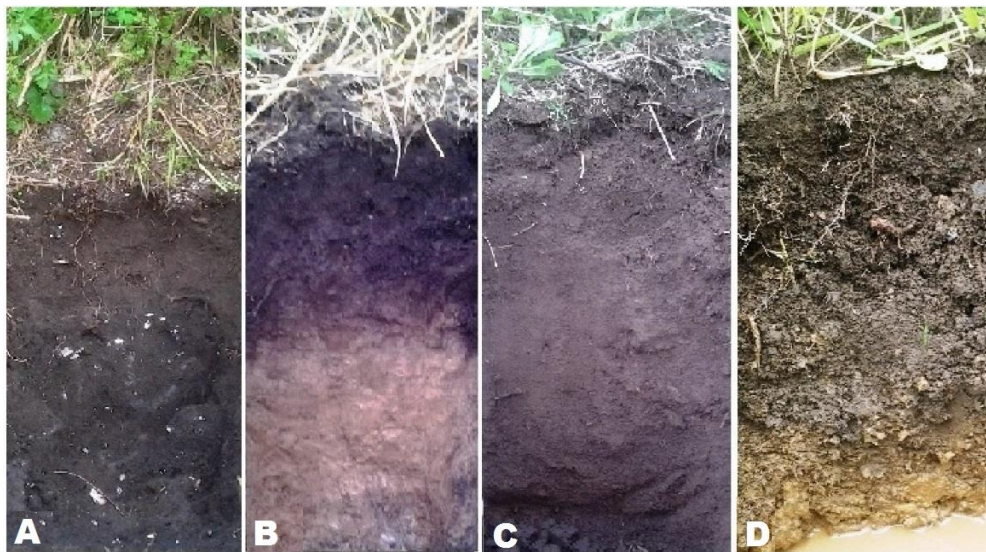
АУ 0–23 см. Влажный, тёмно-серый, почти чёрный, легкосуглинистый, структура зернисто-порошистая, обильно встречаются корни, дождевые черви, ходы мезофауны, переход постепенный, граница ровная.

АВ 23–37 см. Влажный, тёмно-серый, легкосуглинистый, комковато-ореховатой структуры, присутствуют тонкие корни, ходы мезофауны диаметром до 0.5

см, обильно встречаются дождевые черви, переход постепенный, граница волнистая.

ВМ 37–60 см. Сырой, бурый, среднесуглинистый, древеснистый, хорошо оструктурен, комковато-глыбистый, присутствуют отдельные тонкие корни, уплотнён, хорошо выражены поры диаметром до 0.5 см, образованные мезофауной, переход постепенный.

ВС 60–100 см. Сырой, ярко-бурый, тяжелосуглинистый с древеснистыми вкраплениями, хорошо оструктурен, комковато-глыбистый, плотный, встречаются отдельные тонкие корни. С глубины 86 см слабо сочится вода, внутрипочвенный сток недавно выпавших обильных осадков.



**Рис. 3.** Бурозёмы тёмногумусовые: А — разрез 1 на раковинной куче мыса Островок Фальшивый; В — разрез 9 над птичьим базаром на о. Фуругельма; С — разрез 2 в средней части склона мыса Островок Фальшивый; D — разрез 15 на шлейфе склона побережье бухты Пемзоява.

**Fig. 3.** Dark-humus burozems: A — pit 1 on a shell heap of Cape Ostrovok Falshivyi. B — pit 9 over a bird colony on Furugelm Island; C — pit 2 in the middle of a slope of cape Ostrovok Falshivyi; D — pit 15 on a slope trail of Pemzovaya Bay coast.

Разрез 2. Заложен в средней части южной склона мыса Островок Фальшивый, уклон около 3–5°, 70 м над уровнем моря. Поверхность ровная. Гмелепопынниковый луг. На поверхности слаборазложившийся очёс трав мощностью до 2 см. Бурозём тёмногумусовый иллювиально-гумусовый (рис. 3). AU 0–22 см. Задернован до глубины 8 см. Влажный, тёмно-серый с бурым оттенком, легкосуглинистый, комковато-порошистой структуры, очень рыхлый, содержит большое количество тонких корней и дождевых червей, переход заметный.

AB 22–47 см. Влажный, серый с бурым оттенком, легкосуглинистый, хорошо выражена комковато-порошистая структура, рыхлый, содержит корни диаметром до 3 мм, переход постепенный.

ВМh1 47–62 см. Влажный, бурый с серым оттенком, окраска неоднородная, структурные отдельные с поверхности тёмно-серые, на разломе бурые,

легкосуглинистый, структура комковато-порошистая, рыхлый, содержит корни диаметром до 3 мм и единично камни диаметром до 5 см, переход резкий.

ВС 62–75 см. Влажный, ярко-бурый, легкосуглинистый, порошистой структуры, уплотнён, единично присутствуют корни диаметром до 3 мм, содержит большое количество дресвы.

Разрез 15. Заложен на шлейфе склона юго-восточной экспозиции сопки в северо-западной части окрестностей бухты Пемзоявая, поверхность ровная, уклон 1–2°, 15 м над уровнем моря. Разнотравно-крупнозлаковый луг. Вследствие недавнего пожара опад на поверхности отсутствует. Бурозём тёмногумусовый (рис. 3).

AU 0–18 см. Влажный, тёмно-серый почти чёрный, среднесуглинистый, зернистая структура хорошо выражена, рыхлый, угли и тонкие корни обильно встречаются до глубины 10 см, переход постепенный, граница ровная.

AB 18–26 см. Влажный, тёмно-серый с бурым оттенком, тяжелосуглинистый, комковато-ореховатой структуры, рыхлый, липкий, содержит обильно тонкие корни, переход заметный.

BM 26–32 см. Сырой, тёмно-бурый, тяжелосуглинистый, структура комковато-ореховатая, уплотнён, липкий, содержит тонкие корни, переход заметный.

BC 32–60 см. Мокрый, бурый, глинистый, глыбистой структуры, уплотнён, липкий, с 45 см заливается водой, сильнокаменистый, преимущественно мелкий щебень диаметром до 3 см.

Свойства почв варьируют в довольно широком диапазоне, что является следствием влияния различных факторов (антропогенного, орнитогенного, пирогенного и др.) [Жарикова. 2020]. Реакция среды лежит в пределах от сильнокислой до близкой к нейтральной. Содержание гумуса в поверхностных слоях варьирует от среднего до выше среднего, с глубиной в большинстве случаев снижается постепенно. Сумма обменных катионов колеблется от средней до очень высокой, в составе доминирует кальций, степень насыщенности основаниями колеблется от очень низкой до высокой (49–89 %). Наименьшее содержание подвижных форм элементов питания выявлено в почвах окрестностей бухты Пемзоявой, наибольшее — в почвах о. Фуругельма и мыса Островок Фальшивый, на формирование которых оказывает влияние орнитогенный фактор разной степени интенсивности.

Серогумусовые почвы развиты на прибрежных морских и аллювиальных равнинах под разнотравно-злаковыми лугами. Профиль часто неполноразвитый, гумусовый слой мощностью до 22 см лежит на крупном или среднем песке различных оттенков коричневого цвета, часто содержит гальку. На прибрежной территории широко распространены почвы, которые содержат несколько погребённых профилей, что является следствием неоднократного изменения уровня моря [Короткий и др., 2005].

Разрез 6. Заложен к востоку от горы Голубиный Утёс. Приморская равнина, разнотравно-осоковый мокрый луг. Поверхность ровная, 4 м над уровнем моря. На поверхности подстилка мощностью 2 см из очёса трав (рис. 4). Серогумусовая глееватая почва (рис. 4).

АУ 0–22 см. Задернован до глубины 7 см, влажный, тёмно-серый с потёками гумуса, песок, не оструктурен, рыхлый, содержит обильно тонкие корни, граница волнистая, переход резкий.

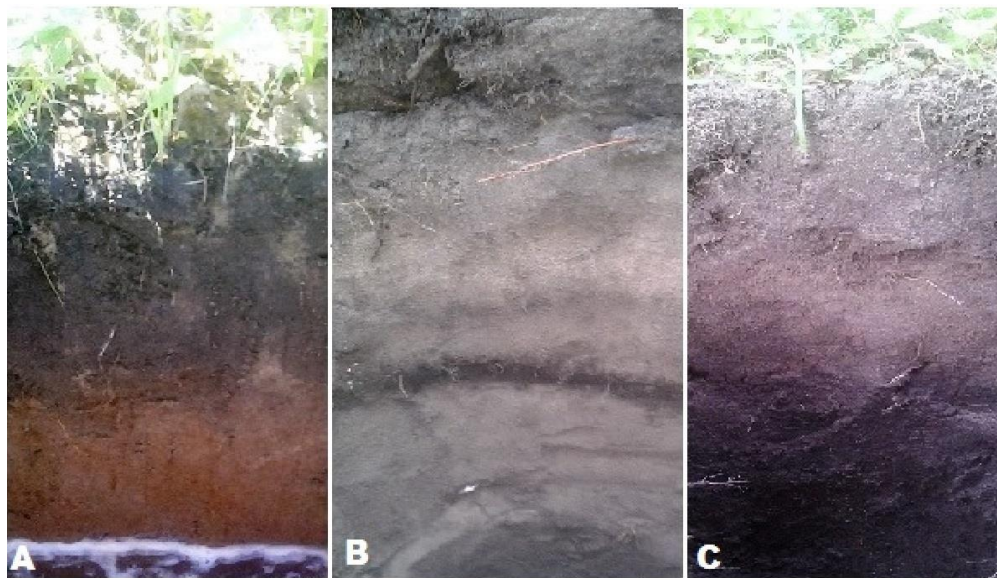
Сf 22–37 см. Сырой, окраска неоднородная, на коричневом фоне обильны ржавые пятна ожелезнения различной величины, рыхлый, бесструктурный песок, содержит отдельные тонкие корни до глубины 45 см, переход постепенный.

Сg 37–60 см. Мокрый, ярко-бурый песок с многочисленными ржавыми и сизыми пятнами, содержит местами комки ожерствления (сцементированный полуторными окислами песок, возможно, как результат пирогенеза), комки очень плотные, хотя вся почвенная толща рыхлая. С глубины 45 см заливается водой.

Разрез 7. Заложен на низкой прибрежной морской террасе в бухте Западная о. Фуругельма в 30 м от уреза воды, 9 м над уровнем моря. Поверхность ровная. Растительность сорная, труднопроходимая. На поверхности опад мощностью 3 см, состоящий из листьев и трав разной степени разложения, древесных остатков. Серогумусовая с реликтовым профилем (рис. 4).

АО 0–8 см. Сухой, буровато-серый, опесчанен, содержит обильно слабо-разложившиеся травянистые и древесные остатки, переход резкий, граница неровная.

АУ 8–22 см. Влажный, тёмно-серый с белёсыми вкраплениями кварца, песок, бесструктурный, очень рыхлый, содержит обильно корни диаметром до 1 см и многочисленных живых представителей мезофауны, переход резкий, граница языковатая.



**Рис. 4.** Серогумусовые почвы (А, В) и тёмногумусовая почва (С): А — разрез 6 на приморской равнине рядом с Голубиным Утёсом; В — разрез 7 на морской террасе о. Фуругельма; С — разрез 8 на шлейфе склона о-ва Фуругельма.

**Fig. 4.** Gray-humus soils (A, B) and dark-humus soil (C): A — pit 6 on a seaside plain near the Cliff Golubiniy; B — pit 7 on a sea terrace on Furugelm Island; C — pit 8 on the trail of the slope on Furugelm Island.

- С 22–38 см. Влажный, светлый песок с языковатыми затёками гумуса (толщиной до 9 см), бесструктурный, рыхлый, встречаются отдельные тонкие корни до 2 см, переход постепенный, граница волнистая.
- [АС] 38–50 см. Влажный, серо-коричневый, рыхлый, опесчаненный лёгкий суглинок, бесструктурный, содержит единично раковины двустворчатых моллюсков, угли, отдельные тонкие корни диаметром до 3 мм, переход резкий.
- [А] 50–56 см. Влажный, тёмно-серый, опесчаненный лёгкий суглинок, бесструктурный, уплотнён, встречаются отдельные тонкие корни диаметром до 2 мм, переход резкий.
- [С] 56–87 см. Влажный, светлый, очень тонкий песок, бесструктурный, рыхлый, содержит отдельные корни, угли, переход резкий.
- [АС] 87–105 см. Влажный, неоднородной окраски, серый с белёсым оттенком и многочисленными пятнами коричневого и тёмно-серого цвета, песок, бесструктурный, рыхлый, содержит угли, отдельные корни, остатки раковин двустворчатых моллюсков.

Профиль сложный, содержит погребённые горизонты, одновременное присутствие в которых раковин двустворчатых моллюсков и углей подтверждает предположение о том, что на данной территории длительное время проживали древние люди [Гарковик, 2004]. Подобный реликтовый профиль является свидетельством полигенетичности данной почвы, поскольку процесс почвообразования на данной территории сочетается с эпизодическими или регулярными процессами седиментогенеза [Tursina, 2012]. На наличие полигенетических почв в условиях приокеанических ландшафтов прибрежно-островной зоны Приморья уже неоднократно обращалось внимание [Пшеничников, Пшеничникова, 2014; Пшеничников и др., 2020].

Реакция среды в поверхностных слоях сильнокислая, в глубоких погребённых слоях — нейтральная (при более высоком содержании поглощённого натрия). Содержание гумуса высокое, с глубиной резко снижается, но погребённые гумусовые слои им обогащены. Сумма обменных катионов в профиле преимущественно низкая, в погребённом гумусовом слое — повышенная. Увеличение содержания обменных катионов в ППК в погребённых гумусовых слоях сопровождается снижением кислотности. В составе обменных катионов преобладает кальций, в глубине профиля содержание магния сопоставимо с ним и даже превышает его. Степень насыщенности основаниями в поверхностных слоях низкая и средняя, в глубине профиля — высокая, что полностью согласуется с данными о свойствах почв прибрежных равнин Эквадора [Espinoza et al., 2018]. Низкое содержание подвижного калия выявлено во всей почвенной толще, а подвижного фосфора — только в верхних слоях. В погребённых горизонтах оно высокое и избыточное, что подтверждает его антропогенное происхождение [Безуглова, Орлов, 2000].

Тёмногумусовые почвы развиты на шлейфах пологих склонов, на межувалистых пространствах. Профиль неполноразвитый или реликтовый, вследствие неоднократного изменения уровня моря [Короткий и др., 2005].

Разрез 8. Заложен на шлейфе юго-западного склона в бухте Западная о. Фуругельма, уклон поверхности 4–5°, 10 м над уровнем моря, расстояние до уреза воды около 70 м. Растительность сорно-разнотравная, проективное покрытие высокое. На поверхности опад листьев и трав разной степени разложения мощностью до 4 см. Тёмногумусовая на погребённом бурозёме (рис. 4)

AU 0–22(37) см. Влажноватый, тёмно-серый с бурым оттенком, песок, рыхлый, бесструктурный, в слое 0–10 см корни встречаются очень обильно, глубже — обильно, отдельные корни достигают диаметра 5 мм, присутствуют кусочки бурого угля (непирогенные), переход постепенный, граница языковатая, с гумусовыми затёками.

AUC 22–38 см. Влажный, серый с коричневым оттенком и языковатыми затёками гумуса, мелкий песок, бесструктурный, рыхлый, содержит отдельные корни, угли (следы пирогенеза), переход постепенный, граница ровная.

[AY] 38–66 см. Влажный, тёмно-серый с бурым оттенком, опесчаненный суглинок, комковато-порошистой структуры, рыхлый, содержит тонкие корни диаметром до 2 мм, обильнее, чем в горизонте AC, присутствуют угли как следы пирогенеза, отдельные фрагменты керамики, переход постепенный, граница языковатая с затёками гумуса.

[BM] 66–85 см. Сырой, буро-коричневый, опесчаненный лёгкий суглинок, комковато-глыбистой структуры, уплотнён, с глубины 75 см слабо сочится вода (внутрипочвенный сток недавно выпавших обильных осадков), содержит отдельные тонкие корни, переход постепенный, граница ровная.

[BC] 85–100 см. Влажный, буровато-коричневый, опесчаненный средний суглинок, структура комковато-глыбистая, плотный.

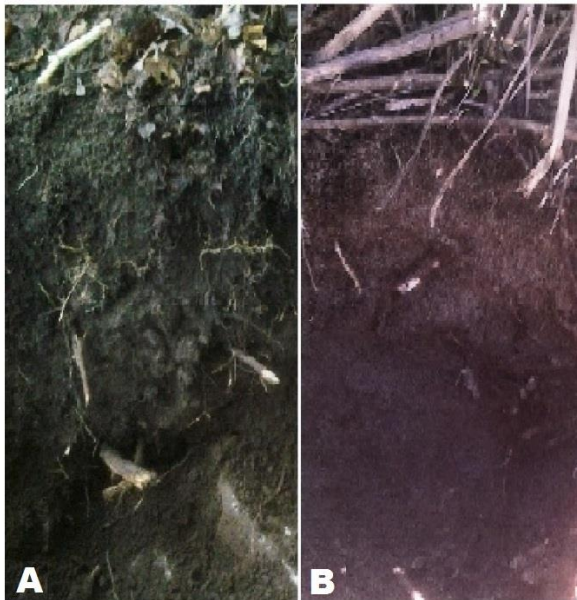
Профиль сложный, содержит погребённые горизонты, что указывает на полигенетичность почв. Наличие в профиле второго гумусового горизонта, литологически отличного от соседних слоёв, является результатом прерывания почвообразования в результате активного седиментогенеза [Tursina, 2012]. Основное название даётся по результатам диагностики верхней части профиля, поскольку поверхностные горизонты хорошо сформированы [Полевой определитель..., 2008]. Кусочки бурого угля на поверхности и в толще верхнего слоя являются артефактом хозяйственной деятельности (до образования заповедника на острове находились объекты Министерства обороны СССР). Угли и фрагменты керамики в погребённом слое [AY] являются подтверждением теории о наличии на данной территории поселений древних людей [Гарковик, 2004].

Почвы преимущественно среднекислые. Содержание гумуса в поверхностном слое среднее, с глубиной снижается постепенно [Жарикова и др., 2020]. Сумма обменных оснований в поверхностных слоях средняя, в погребённых — повышенная. Преобладание кальция в ППК хорошо выражено только в поверхностном слое, в остальной части профиля содержание кальция сравнимо с содержанием магния или даже ниже его. Степень насыщенности основаниями по всему профилю повышенная и высокая. Содержание подвижного калия низкое повсеместно. Содержание подвижного фосфора высокое в поверхностном слое, в погребённых горизонтах — очень высокое.

Литозёмы тёмногумусовые формируются на крутых склонах и вершинах на щебнисто-мелкомшистой толще, подстилаемой плотными коренными породами. На поверхности присутствует большое количество гранитных валунов. Профиль неполноразвитый, хорошо дренирован, застоя влаги не наблюдается.

Разрез 3а. Заложен в верхней части крутого склона западной экспозиции мыса Островок Фальшивый, уклон примерно 30°, 64 м над уровнем моря. Дубняк папоротниково-осочковый. На поверхности хорошо разложившийся опад листьев и трав, сверху сухой опад, мощностью до 2 см. Литозём тёмногумусовый (рис. 5).

AU 0–21 см. Влажный, тёмно-серый, почти чёрный с бурым оттенком, легкосуглинистый, хорошо выражена комковато-зернистая структура, очень рыхлый, обильно содержит тонкие корни и единично корни диаметром до 0.5 см, густо переплетённые белёсой грибницей, в большом количестве встречаются дождевые черви и другие представители мезофауны.



**Рис. 5.** Литозём тёмногумусовый (А) и псаммозём гумусовый (В): А — разрез 3а верхней части крутого склона на мысе Островок Фальшивый; В — разрез 4 на приморской равнине мыса Островок Фальшивый.

**Fig. 5.** Dark-humus litozem (A) and humus psammozem (B): A — pit 3a at the top of a steep slope of Cape Ostrovok Falshivyi; B — pit 4 on a seaside plain of Cape Ostrovok Falshivyi.

R. Глубже 21 см лежит скальная порода, мелкозём тёмно-бурого цвета присутствует только в трещинах.

Профиль укороченный, неполноразвитый. Почва среднекислая, содержание гумуса выше среднего. Сумма обменных катионов очень высокая, степень насыщенности основаниями оценивается как средняя. Содержание доступных форм элементов питания (фосфора и калия) повышенное. Подобные хорошо гумусированные почвы на крутых склонах с массивными выходами горных пород (Lithosols) широко встречаются на островах Тихого океана и прибрежных районах [Vessel, Simonson, 1958].

Псаммозёмы формируются на приморских песчаных пляжах, подстилаемых плотными породами под кустарниково-травяной сорной растительностью. Профиль примитивный, слабообразованный.

Разрез 4. Заложен на мысе Островок Фальшивый. Приморская равнина, песчаный пляж у подножья юго-западного скалистого склона (с местами гнездования птиц), уклон 1–3°, 15 м над уровнем моря. Валуны, дюны. В растительном покрове шиповник, осоки, полынь. На поверхности сухой опад трав и листьев мощностью до 1 см, многочисленные раковины двусторчатых моллюсков. Псаммозём гумусовый (рис. 5).

W 0–2 см. Влажный, тёмно-серый почти чёрный, песок, перемешанный с хорошо разложившимися растительными остатками и темным мелкозёмом, неструктурен, рыхлый, присутствуют многочисленные дождевые черви, переход резкий.

WC 2–35 см. Влажный, коричневатый, песок с примесью чёрного мелкозёма, бесструктурный, рыхлый, содержит обильно корни диаметром до 2 мм.

R. Глубже 35 см лежит массивная скальная порода.

Реакция среды нейтральная, содержание органического вещества выше среднего. Сумма обменных оснований и степень насыщенности ими ППК очень высокие. Содержание доступного калия очень высокое, почвы сильнозафосфачены. Высокое содержание кальция и фосфора может являться следствием жизнедеятельности птиц, обитающих выше по склону (привнесение элементов из остатков скорлупы, перьев, помета).

Рассмотренными почвенными разностями не исчерпывается все разнообразие почв южной части территории заповедника. Пока не описаны гидроморфные почвы, развитые на низких высотных отметках водосборов о. Фуругельма и бухты Пемзовая. Слабо изучены почвы, на формирование которых оказывает влияние орнитогенный фактор (колонии японского баклана, чернохвостой чайки и др.) [Жарикова, 2020].

Следует особо отметить довольно высокое содержание обменного натрия в профиле большинства почв (до 2.95 смоль (экв) /кг), что, в первую очередь, характерно для почв морских прибрежных равнин при близком залегании слабозасоленных почвенно-грунтовых вод и почв, развитых на наветренных склонах. Кроме того, определённое влияние на солевой состав почв оказывает регулярный аэральный привнос натрия при импультверизации [Костенков, Клышевская, 2014; Dobrovolskiy, 1991; Derry, Chadwick, 2007; Meng, et al., 2013].

Особенности морфологического облика почв нашли своё отражение и в их элементном составе (табл. 3). В лёгких почвах (серогумусовых и псаммозёмах) более высоко содержание кремния. В бурозёме тёмногумусовом, сформированном на раковинной куче и в погребённых слоях тёмногумусовой и серогумусовой почв, где выявлены следы антропогенного воздействия, высоко содержание фосфора, кальция и магния, повышено содержание железа и марганца. Кроме того, в почвах, на которые оказывает непосредственное влияние жизнедеятельность птиц, повышено валовое содержание кальция и фосфора (за счёт накопления птичьего помета, скорлупы, перьев и др.) [Жарикова, 2020; Liu et al., 2006; Morrison, Woodroffe, 2009].



Табл. 3. Содержание химических элементов в почвах южной части заповедника (%).

Tab. 3. Soil element contents in the southern part of the reserve (%).

Горизонт	Глубина, см	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe
Разр. 10. Бурозём типичный										
AУ	0–10	0.05	7.16	23.19	0.04	1.81	1.20	0.33	0.07	2.48
ВМ	10–17	0.04	7.63	22.63	0.03	1.69	1.26	0.29	0.05	2.10
ВС	17–40	0.02	8.24	22.20	0.02	1.65	1.46	0.22	0.04	1.60
Разр. 1. Бурозём тёмногумусовый										
AУ	0–27	0.06	5.81	22.40	0.35	1.70	2.44	0.39	0.07	3.09
АВ	27–48	0.07	6.39	22.59	0.71	1.72	3.63	0.42	0.09	3.51
ВС	48–66	0.07	6.60	22.86	0.58	1.72	2.76	0.44	0.08	3.44
Разр. 15. Бурозём тёмногумусовый										
AУ	1–18	0.05	6.21	27.18	0.03	1.57	0.49	0.58	0.05	2.92
АВ	18–26	0.04	6.53	27.30	0.03	1.54	0.41	0.60	0.04	2.81
ВМ	26–42	0.04	7.28	29.55	0.02	1.63	0.34	0.64	0.03	2.77
ВС	42–60	0.05	6.86	28.05	0.01	1.59	0.31	0.60	0.03	2.56
Разр. 7. Серогумусовая с реликтовым профилем										
АО	0–8	0.03	5.07	27.98	0.15	1.72	1.33	0.54	0.04	1.94
AУ	8–22	0.04	5.47	27.24	0.10	1.84	1.24	0.53	0.06	2.47
С	22–38	0.04	6.01	28.18	0.03	1.52	1.31	0.44	0.06	1.74
[AC]	38–50	0.06	5.58	28.64	0.24	1.81	2.24	0.33	0.08	2.77
[A]	50–56	0.07	5.31	27.97	0.26	1.63	2.83	0.39	0.07	3.24
[C]	56–87	0.07	6.12	28.19	0.16	1.81	1.89	0.31	0.6	2.93
[AC]	87–105	0.08	5.37	27.45	0.28	1.44	2.52	0.33	0.07	2.81
Разр. 8. Тёмногумусовая на погребённом бурозёме										
AУ	0–22	0.04	5.92	23.25	0.10	1.72	1.23	0.33	0.07	1.80
AUC	22–38	0.02	6.53	27.17	0.07	1.72	1.35	0.10	0.03	1.67
[AY]	38–66	0.05	7.01	25.67	0.16	1.87	0.94	0.37	0.07	2.91
[BM]	66–85	0.04	7.42	27.15	0.09	1.93	0.97	0.36	0.06	2.86
[BC]	85–100	0.04	6.97	26.27	0.07	1.92	0.85	0.42	0.07	2.79
Разр. 3а. Литозём тёмногумусовый										
AУ	0–21	0.05	5.01	25.51	0.05	1.82	1.28	0.46	0.07	2.46
Разр. 4. Псаммозём гумусовый										
W	0–2	0.05	5.83	28.25	0.07	1.69	1.42	0.49	0.07	2.65
WC	2–35	0.04	5.41	28.64	0.04	1.87	1.29	0.38	0.06	1.89

## Заключение

Сочетание разнообразия геоморфологических условий, оригинальных растительных ассоциаций, пестроты петрографического состава пород и образующихся на них продуктов выветривания в условиях постоянно повышенной влажности воздуха способствует формированию своеобразного почвенного покрова в южной части Дальневосточного морского заповедника и на прилегающих территориях. Одним из ведущих факторов его дифференциации является экспозиция склонов, определяющая различия в ветровом режиме и степени увлажнения, выявлено также влияние орнитогенного фактора. Ведущими элементарными почвообразовательными процессами являются аккумулятивно-гумусовый, иллювиально-гумусовый, оглинивания, оглеения. На относительно небольшой площади присутствует широкий спектр почв от слаборазвитых до полигенетичных. На поверхности и в почвенной толще большинства почв обнаружены следы многолетнего антропогенного воздействия и периодических пожаров.

Все почвы хорошо гумусированы, реакция среды колеблется в широком диапазоне: от сильнокислой до нейтральной. В почвенном поглощающем комплексе преобладает кальций, выявлено также повышенное содержание натрия. В бурозёмах тёмногумусовых, псаммозёмах и погребённых горизонтах наблюдается высокая степень насыщенности основаниями. В большинстве исследованных почв содержание доступных форм элементов питания повышенное и высокое. Следствием антропогенного и орнитогенного воздействия на почвы является изменение элементного состава почв: зафосфачивание (как поверхностных, так и погребённых горизонтов), повышенное содержание кальция, магния, железа, марганца.

## Литература

- Агрохимические методы исследования почв / ред. А. В. Соколов. — Москва : Наука, 1975. 656 с.
- Безуглова О. С., Орлов Д. С. Биогеохимия. Учебник для студентов ВУЗов. — Ростов н/Д : Феникс. 2000. 320 с.
- Гарковик А. В. Археологические памятники островов и побережья // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования / отв. ред. А. Н. Тюрин. — Владивосток : Дальнаука, 2004. Т. 1. С. 73–81.
- Гарковик А. В. Археологический памятник на мысе Островок Фальшивый (южный участок морского заповедника) // Россия и АТР. 2014. № 3. С. 227–236.
- Горовой П. Г., Бойко Э. В. Конспект флоры острова Фуругельма // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника / отв. ред. Ю. Д. Чугунов. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 62–79.
- Иванов Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. — М. : Наука, 1976. 200 с.
- Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. — М. : Изд-во МГУ; Изд-во «КолосС», 2004. 460 с.
- Елпатьевский П. В. Особенности почвенного покрова острова Фуругельма. // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования / отв. ред. А. Н. Тюрин. — Владивосток : Дальнаука, 2004. Т. 1. С. 284–293.
- Жарикова Е. А. Свойства почв орнитогенных ландшафтов // Региональные проблемы. 2020. Т. 23. № 1. С. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.31433/2618-9593-2020-23-1-17-22>

- Жарикова Е. А., Пуртова Л. Н., Попова А. Д. К оценке гумусного состояния и ферментативной активности почв Дальневосточного морского заповедника // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2020. № 4. С. 82–89. DOI: <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2020-4-82-89>
- Жукова М. А. Почвенный покров Приморской области // Вестник ДВФ АН СССР. 1934. № 4. С. 180–183.
- Зонн С. В. Особенности аллитного выветривания и почвообразования на островах Приморья и Дальнего Востока // Изучение и освоение природной среды / ред. М. И. Нейштадт. — М. : Институт географии АН СССР, 1976. С. 123–137.
- Зонн С. В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты). — М. : Наука. 1982, 207 с.
- Ивлев А. М. Географические закономерности формирования почвенного покрова в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану: Материалы XIV Тихоокеанского научного конгресса. Хабаровск, август 1979 г. / отв. ред. А. М. Ивлев, И. В. Игнатенко. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 19–26.
- Ластовецкий Е. И., Якунин Л. П. Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного государственного морского заповедника // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника / отв. ред. Ю. Д. Чугунов. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 18–33.
- Коваль Т. Г. Качественный состав гумуса почв острова Фуругельма // Генезис, химия и биология почв Приморья и Приамурья / ред. Г. И. Иванов, Л. Н. Щапова. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 158–164.
- Коренбаум С. А., Соляник В. А., Ефимова М. И. Геологическая история и геологические памятники // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования / под ред. А. Н. Тюрина. — Владивосток : Дальнаука, 2004. Т. 1. С. 153–236.
- Короткий А. М. Использование геологических данных при изучении археологических памятников южного Приморья (голоцен) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2009. № 1. С. 62–73.
- Короткий А. М., Белянина Н. И., Гребенникова Т. А., Караулова Н. П., Иванова Е. Д., Мохова Л. М., Царько Е. И. Позднечетвертичные морские отложения в прибрежной зоне залива Петра Великого (Японское море) // Тихоокеанская геология. 2005. Т. 24. № 3. С. 32–48.
- Костенков Н. М., Клышевская С. В. Влияние процесса импัลверизации на содержание солей в почвах прибрежных морских ландшафтов // Вестник КрасГАУ. 2014. № 10. С. 81–84.
- Крейда Н. А. Почвы хвойно-широколиственных и широколиственных лесов Приморского края // Уч. зап. ДВГУ. — Владивосток : Изд. Дальневосточного университета, 1970. Т. 27. Ч. 2. 229 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Приморский край. — Л. : Гидрометеиздат, 1988. Ч. 1–6. Вып. 26. 416 с.
- Полевой определитель почв России / ред. К.Т. Острикова. — М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Пшеничников Б. Ф., Голов В. И. Почвы островов залива Петра Великого // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно-измененного почвенного покрова. Мат-лы науч. конф. Владивосток, 10–12 февраля 1998 г. / отв. ред. В. И. Оздобихин. — Владивосток : ДВО ДОП РАН, 1997. С. 47–54.
- Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Почвы и ландшафты // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования / отв. ред. А. Н. Тюрин. — Владивосток : Дальнаука, 2004. Т. 1. С. 251–283.

- Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Специфика формирования буроземов на островах залива Петра Великого (юг Дальнего Востока) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2013. № 5. С. 87–96.
- Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Буроземы архипелага Римского-Корсакова // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2014. № 2. С. 123–143.
- Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф., Киселева А. Г., Родникова И. М. Роль фациальности биоклиматических условий почвообразования в географии буроземов прибрежноостровной зоны Приморского края (юг Дальнего Востока, Россия) // Тихоокеанская география. 2020. № 3. С. 29–37. DOI: <https://doi.org/10.35735/tig.2020.45.65.003>
- Родникова И. М., Киселева А. Г., Ганзей К. С., Пшеничникова Н. Ф. Геоэкологические исследования на островах Дальневосточного морского биосферного заповедника // XII дальневосточная конференция по заповедному делу. Биробиджан, 10–13 октября 2017 г. / отв. ред. Е. Я. Фрисман. — Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН, 2017. С. 141–143.
- Чубарь Е. А. Итоги инвентаризации флоры островов Дальневосточного государственного морского заповедника // Ботанический журнал. 2005. Т. 90. № 3. С. 360–367.
- Хавкина Н. В. Состав гумуса бурых лесных почв прибрежной полосы восточных склонов Сихотэ-Алиня // Почвенно-лесоводственные исследования на Дальнем Востоке / отв. ред. Ю. И. Манько. — Владивосток : [б. и.], 1977. С. 27–32.
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России. — Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
- Belyanin P. S. Landscape structure of Furugelm island: formation factors and present state // Geography and Natural Resources. 2010. Vol. 31. N 3. P. 264–268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2010.09.012>
- Derry L. A., Chadwick O. A. Contributions from Earth's Atmosphere to Soil // Elements. 2007. Vol. 3. N 5. P. 333–338.
- Dobrovolskiy V. V. Geochemical characteristics of soil formation on sea and ocean islands and shorelines // Soviet Soil Science. 1991. Vol. 23. N. 10. P. 25–37.
- Espinisa J., Moreno J., Bernal G. The soils of Ecuador. 1 st edition. Berlin. Springer. 2018. 164 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
- Kostenkov N. M., Zharikova E. A. Soils of the southwestern part of the Pacific coast of Russia // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. N 2. P. 140–152. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229318020059>
- Liu X., Zhao S., Sun L., Yin X, Xie Z., Honghao L., Wang Y. P and trace metal contents in biomaterials, soils, sediments and plants in colony of red-footed booby (*Sula sula*) in the Dongdao Island of South China Sea // Chemosphere. 2006. Vol. 65. N 4. P. 707–715. DOI: <https://doi.org/10.11016/j.chemosphere.2006.01.043>
- Meng Q., Yang J., Yao R., Liu G. Soil quality in coastal region of China as related to different land use types // Journal of Soils and Sediments. 2013. Vol. 13. P. 664–676. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0648-0>
- Morrison R. J., Woodroffe C. D. The Soils of Kiritimati (Christmas) Island, Kiribati, Central Pacific: New Information and Comparison with Previous Studies // Pacific Science. 2009. Vol. 63. N 3. P. 397–411.
- Prokof'eva T. V., Gerasimova M. I., Bezuglova O. S., Bakhmatova K. A., Gol'eva A. A., Gorbov S. N., Zharikova E. A., Matinyan N. N., Nakvasina E.N., Sivtseva N.E. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian classification system // Eurasian Soil Science. 2014. Vol. 47. N 10. P. 959–967. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229314100093>

- Selivanova G. A. On the forest soils on the islands in Peter the Great Gulf // *Soviet Soil Science*. 1988. Vol. 20. N 2. P. 57–67.
- Tursina T. V. Approaches to the Study of the Lithological Homogeneity of Soil Profiles and Soil Polygenesis // *Eurasian Soil Science*. 2012. Vol. 45. N 5. P. 472–487. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229312050146>
- Vessel A. J., Simonson R. W. Soils and Agriculture of the Palau Islands // *Pacific Science*. 1958. Vol. 12I. N 10. P. 281–298.

## The diversity and basic properties of soils of the southern part of the Far Eastern Marine Biosphere Reserve

Zharikova E. A.

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
Vladivostok, Russian Federation, 690022,  
E-mail: ejarikova@mail.ru*

**Abstract.** This work describes eight soil types belonging to four orders in this region, along with their morphology and physicochemical properties. The soil cover of the studied area is formed under diverse plant association in different geomorphic conditions and variegated parent materials. A relatively small area revealed a range of soils from underdeveloped to relic. Several major pedogenic processes predominate: humus-accumulative and illuvial-humus processes, argillization and gleying. Typical and gleyic gray-humus soils and humus psammozem are formed on low coastal sea terraces. Medium elevation poorly drained sea terraces and the middle of the slope are occupied by typical dark-humus soils, dark-humus burozems and dark-humus illuvial-humus burozems. Typical burozems and dark-humus litozems occupy small outliers and hills. All soils are well humified, the soil reaction varies from strongly acidic to neutral. Calcium predominates in the soil exchange complex. The study also revealed an increased sodium content in the soil. Most of the soils are potentially highly fertile according to their agrochemical characteristics. Anthropogenic and ornithogenic impact on soils result in a change in their elemental composition, such as phosphating (both surface and buried horizons), increased content of calcium, magnesium, iron and manganese.

**Keywords:** composition of the soil cover, physic-chemical properties of soils, soil fertility, buried horizons.

### References

- Belyanin P. S., 2010, Landscape structure of Furugelm island: formation factors and present state, *Geography and Natural Resources*, vol. 31, no 3, pp. 264–268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2010.09.012>
- Bezuglova O. S., Orlov D. S., 2000, *Biogeokhimiya* [Biogeochemistry], 320 p., Phoenix, Rostov n/D. [In Russian].
- Derry L. A., Chadwick O. A., 2007, Contributions from Earth's Atmosphere to Soil, *Elements*, vol. 3, no. 5, pp. 333–338.
- Dobrovolskiy G. V., Urusevskaya I. S., 2004, *Geografiya pochv* [Soil Geography], 460 p., MGU, Moscow. [In Russian].
- Dobrovolskiy V. V., 1991, Geochemical characteristics of soil formation on sea and ocean islands and shorelines, *Soviet Soil Science*, vol. 23, no. 10, pp. 25–37.

- Elpat'evskiy P. V., 2004, Osobennosti pochvennogo pokrova ostrova Furugel'ma [Features of the soil cover of Furugelm Island], in A. N. Tyurin (ed.), *Dal'nevostochnyy morskoy biosfernyy zapovednik. Issledovaniya* [Far East Marine Biosphere Reserve. Research activities], vol. 1, pp. 284–293, Dalnauka, Vladivostik. [In Russian].
- Espinisa J., Moreno J., Bernal G. (ed.), 2018, *The soils of Ecuador*, 164 p., Berlin, Springer, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
- Garkovik A. V., 2004, Arkheologicheskiye pamyatniki ostrovov i poberezh'ya [Archaeological sites of the islands and coasts], in A. N. Tyurin (ed.), *Dal'nevostochnyy morskoy biosfernyy zapovednik. Issledovaniya* [Far East Marine Biosphere Reserve. Research activities], vol. 1, pp. 73–81, Dalnauka, Vladivostik. [In Russian].
- Garkovik A. V., 2014, Arkheologicheskiy pamyatnik na myse Ostrovok Fal'shivyy (yuzhnyy uchastok morskogo zapovednika) [Archaeological monument at Cape Osrovok Falshivyi (the southern part of the marine reserve)], *Russia and the Pacific*, no. 3, pp. 227–236. [In Russian].
- Gorovoy P. G., Boyko E. V., 1981, Konspekt flory ostrova Furugel'ma [Flora summary of Furugelm Island] in Yu. D. Chugunov (ed.), *Tsvetkovyye rasteniya ostrovov Dal'nevostochnogo morskogo zapovednika* [Flowering plants of the islands of the Far East Marine Biosphere Reserve], pp. 62–80, DVNC AN SSSR, Vladivostok. [In Russian].
- Ivlev A. M., 1982, Geograficheskiye zakonomernosti formirovaniya pochvennogo pokrova v zone perekhoda ot Aziatskogo kontinenta k Tikhomu okeanu [Geographic patterns of soil cover formation in the transition zone from the Asian continent to the Pacific Ocean], in A. M. Ivlev, I. V. Ignatenko (ed.), *Materialy XIV Tikhookeanskogo nauchnogo kongressa., Khabarovsk, avgust 1979* [Proceedings of XIV Pacific science congress, Khabarovsk, August of 1979], pp. 19–26., DVNC AN SSSR, Vladivostok. [In Russian].
- Khavkina N. V., 1977, Sostav gumusa burykh lesnykh pochv pribrezhnoy polosity vostochnykh sklonov Sikhote-Alinya [Humus composition of brown forest soils of the coastal strip of the eastern slopes of the Sikhote-Alin], in Yu. I. Manko (ed.) *Pochvenno-lesovodstvennyye issledovaniya na Dal'nem Vostoke* [Soil and forestry studies in the Far East], pp. 27–32, Vladivostok. [In Russian].
- Korenbaum S. A., Solyanik V. A., Efimova M. I., 2004, Geologicheskaya istoriya i geologicheskiye pamyatniki [Geological history and geological monuments], in A. N. Tyurin (ed.), *Dal'nevostochnyy morskoy biosfernyy zapovednik. Issledovaniya* [Far East Marine Biosphere Reserve. Research activities], vol. 1, pp. 153–236, Dalnauka, Vladivostik. [In Russian].
- Korotky A. M., 2009, Ispol'zovaniye geologicheskikh dannykh pri izuchenii arkheologicheskikh pamyatnikov yuzhnogo Primor'ya (golotsen) [Application of geological data when studying archeological monuments of the South Primorye (Holocene)], *Vestnik of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, no. 1 (143), pp. 62–73. [In Russian].
- Korotky A. M., Belyanina N. I., Grebennikova T. A., Karaulova L. P., Ivanova E. D., Mokhova L. M., Tsariko E. I., 2005, Pozdnechetvertichnyye morskkiye otlozheniya v pribrezhnoy zone zaliva Petra Velikogo (Yaponskoye more) [Late Quaternary marine deposits in the coastal zone of Peter the Great Bay (Japan Sea)], *Russian Journal of Pacific Geology*, vol. 24, no. 3, pp. 32–48. [In Russian].
- Kostenkov N. M., Zharikova E. A., 2018, Soils of the southwestern part of the Pacific coast of Russia, *Eurasian Soil Science*, 2018, vol. 51, no. 2, pp. 140–152. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229318020059>
- Kostenkov N. M., Klyshevskaya S. V., 2014, Vliyaniye protsessa impul'verizatsii na sodержaniye soley v pochvakh pribrezhnykh morskikh landshaftov [The impulverization process influence on the salt content in the soils of coastal marine landscapes], *Vestnik KrasGAU*, no. 10, pp. 81–84. [In Russian].

- Koval T. G., 1987, Kachestvennyy sostav gumusa pochv ostrova Furugel'ma, [Qualitative composition of Furugelma Island soil humus], in G. I. Ivanov, L. N. Shchapova (eds.), *Genezis, khimiya i biologiya pochv Primor'ya i Priamur'ya* [Genesis, Chemistry and Biology of Primorye and Priamurye Soils], pp. 158–164, FESC of the USSR Academy of Sciences, Vladivostok. [In Russian].
- Kreyda N. A., 1970, Pochvy hvojno-shirokolistvennyh i shirokolistvennyh lesov Primorskogo kraya [Soils of coniferous-broadleaved and broadleaved forests of Primorsky Krai], *Scientific Notes of the FESU*, vol. 27, no. 2, 228 p. —Dal'nevostochnyy universitet, Vladivostok. [In Russian].
- Lastoveckii E. I., YAkunin L. P., 1981, Gidrometeorologicheskaya kharakteristika Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo morskogo zapovednika [Hydrometeorological characteristics of the Far Eastern Marine Biosphere Reserve], in Yu. D. Chugunov (ed.), *Tsvetkovyye rasteniya ostrovov Dal'nevostochnogo morskogo zapovednika* [Flowering plants of the islands of the Far Eastern Marine Biosphere Reserve], pp. 18–33, DVNC AN SSSR, Vladivostok. [In Russian].
- Liu X., Zhao S., Sun L., Yin X, Xie Z., Honghao L., Wang Y., 2006, P and trace metal contents in biomaterials, soils, sediments and plants in colony of red-footed booby (*Sula sula*) in the Dongdao Island of South China Sea, *Chemosphere*, vol. 65, no. 4, pp. 707–715. DOI: <https://doi.org/10.11016/j.chemosphere.2006.01.043>
- Meng Q., Yang J., Yao R., Liu G., 2013, Soil quality in coastal region of China as related to different land use types, *Journal of Soils and Sediments*, vol. 13, pp. 664–676. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0648-0>
- Morrison R. J., Woodroffe C. D., 2009, The Soils of Kiritimati (Christmas) Island, Kiribati, Central Pacific: New Information and Comparison with Previous Studies, *Pacific Science*, vol. 63, no. 3, pp. 397–411.
- Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Seriya. 3. Mnogoletniye dannyye. Primorskiy kray* [Reference Book on Climate of the Soviet Union, vol. 3. Long-Term Data. Primorsky Krai], 1988, parts 1–6, no. 26, Gidrometeoizdat, Leningrad [In Russian].
- Ostrikova K. T. (ed.), 2008, *Polevoy opredelitel' pochv Rossii* [Field Guide for Soils of Russia], 182 p., Pochvennyy in-t im. V. V. Dokuchaeva, Moscow. [In Russian].
- Prokof'eva T. V., Gerasimova M. I., Bezuglova O. S., Bakhmatova K. A., Gol'eva A. A., Gorbov S. N., Zharikova E. A., Matinyan N. N., Nakvasina E. N., Sivtseva N. E., 2014, Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian classification system, *Eurasian Soil Science*, vol. 47, no. 10, pp. 959–967. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229314100093>.
- Pshenichnikov B. F., Golov V. I., 1998, Pochvy ostrovov zaliva Petra Velikogo [Soils of the islands of the Peter the Great Gulf], in V. I. Oznobikhin (ed.) *Ekologicheskoye sostoyaniye i resursnyy potentsial yestestvennogo i antropogenno-izmenennogo pochvennogo pokrova. Materialy nauchnoy konferentsii, Vladivostik, 10–12 fevralya 1998 g.* [Proceedings of the conference "Ecological state and resource potential of natural and anthropogenically modified soil cover", Vladivostik, February 10–12, 1998], pp. 47–54, Vladivostok. [In Russian.]
- Pshenichnikov B. F., Pshenichnikova N. F., 2004, Pochvy i landshafty [Soils of the islands and coasts], in A. N. Tyurin (ed.), *Dal'nevostochnyy morskoy biosfernyy zapovednik. Issledovaniya* [Far-Eastern Marine Biosphere Reserve. Research activities], vol. 1, pp. 251–283, Dalnauka, Vladivostik. [In Russian].
- Pshenichnikov B. F., Pshenichnikova N. F., 2013, Spetsifika formirovaniya burozemov na ostrovakh zaliva Petra Velikogo (yug Dal'nego Vostoka) [Specifics of burozem formation on the Peter the Great bay islands (south of the Russian Far East)], *Vestnik of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, no. 5 (171), pp. 87–96. [In Russian].

- Pshenichnikov B. F., Pshenichnikova N. F., 2014, Burozemy arhipelaga Rimskogo-Korsakova [Burozems of Rimsky-Korsakov Archipelago], *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, no. 2, pp. 123–143. [In Russian].
- Pshenichnikov B. F., Pshenichnikova N. F., Kiseleva A. G., Rodnikova I. M., 2020, Rol' fatsial'nosti bioklimaticheskikh usloviy pochvoobrazovaniya v geografii burozemov pribrezhnoostrovnoy zony Primorskogo kraya (yug Dal'nego Vostoka, Rossiya) [Role of Facial Bioclimatic Conditions of Soil Formation in Burozem Geography in Coastal and Insular Landscapes of Primorsky Krai (Southern Far East of Russia)], *Pacific Geography*, no. 3, pp. 29–37. [In Russian].
- Rodnikova I. M., Kiseleva A. G., Ganzej K. S., Pshenichnikova N. F., 2017, Geoekologicheskkiye issledovaniya na ostrovakh Dal'nevostochnogo morskogo biosfernogo zapovednika [Geocological research on the islands of the Far Eastern Marine Biosphere Reserve], in E.Ya. Frisman (ed.) *XII dal'nevostochnaya konferentsiya po zapovednomu delu, Birobidzhan, 10–13 oktyabrya 2017 g.* [Proceedings of the XII conference Far-Eastern Conference on Nature Conservation Problems, Birobidzhan, October 10–13, 2017], pp. 141–143. IKARP DVO RAN, Birobidzhan. [In Russian].
- Selivanjva G. A., 1988, On the forest soils on the islands in Peter the Grate gulf, *Soviet Soil Science*, vol. 20, no. 1, pp. 57–67.
- Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I., 2004, *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and Diagnostics of Russian Soils], 342 p., Oykumena, Smolensk. [In Russian].
- Sokolov A. V. (ed.), 1975, *Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv* [Agrochemical Methods of Soil Studies], 656 p., Nauka, Moscow. [In Russian].
- Tchubar E. A., 2005, Itogi inventarizatsii flory ostrovov Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo morskogo zapovednika [Results of the flora inventory on the islands of the Far East Marine Biosphere Reserve], *Botanicheskii Zhurnal*, vol. 90, no. 3, pp. 360–367. [In Russian].
- Tursina T. V., 2012, Approaches to the Study of the Lithological Homogeneity of Soil Profiles and Soil Polygenesis, *Eurasian Soil Science*, vol. 45, no. 5, pp. 472–487. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229312050146>
- Vessel A. J., Simonson R. W., 1958, Soils and Agriculture of the Palau Islands, *Pacific Science*, vol. 12I, no. 10, pp. 281–298.
- Zharikova E. A., 2020, Svoystva pochv ornitogennykh landshaftov [Soils properties of ornithogenic landscapes], *Regional'nye Problemy*, vol. 23, no. 1, pp. 17–22. [In Russian].
- Zharikova E. A., Purtova L. N., Popova A. D., 2020, K otsenke gumusnogo sostoyaniya i fermentativnoy aktivnosti pochv Dal'nevostochnogo morskogo zapovednika [On assessing the humus state and enzymatic activity of soils in the Far Eastern Marine Biosphere Reserve], *Vestnik SVNTs*, no. 4, pp. 82–89 [In Russian].
- Zhukova M. A., 1934, Pochvennyy pokrov Primorskoy oblasti [Soil cover in Primorsky Krai], *Vestn. Dal'nevost. Fil. Akad. Nauk SSSR*, no. 4, 180–183. [In Russian].
- Zonn S. V., 1976, Osobennosti allitnogo pochvoobrazovaniya na ostrovakh Primor'ya i Dal'nego Vostoka [Patterns of allitic weathering and soil-formation on islands of Primorye and Far East], in M. I. Neustadt (ed), *Izuchenie i osvoenie prirodnoi sredy* [Study and development of natural resources], pp. 125–137, Nauka, Moscow. [In Russian].
- Zonn S. V., 1986, *Zhelezo v pochvakh (geneticheskiye i geograficheskiye aspekty)* [Iron in soils (genetic and geographical aspects)], 207 p., Nauka, Moscow. [In Russian].