



УДК 630*114

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-9-21

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ МАНГРОВЫХ ЛЕСОВ ВЬЕТНАМА

Фан Чонг Хуан¹, канд. с.-х. наук; *ResearcherID*: [ABA-6501-2020](https://orcid.org/0000-0002-0471-0443),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0471-0443>

В.Ф. Ковязин², д-р биол. наук, проф.; *ResearcherID*: [Y-5917-2018](https://orcid.org/0000-0002-3118-8515),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3118-8515>

С.С. Звонарёва³, канд. биол. наук; *ResearcherID*: [E-8159-2019](https://orcid.org/0000-0002-0372-9919),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0372-9919>

Нгуен Тхи Хай Тхань¹, мл. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAX-4866-2021](https://orcid.org/0000-0001-7716-6859),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7716-6859>

Нгуен Тхи Лан¹, канд. биол. наук; *ResearcherID*: [ABA-6990-2020](https://orcid.org/0000-0001-5869-3936),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5869-3936>

¹Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Приморское отделение, Департамент по экологии, ул. Нгуен Тхьен Тхуат, д. 30, Нячанг, Социалистическая Республика Вьетнам, 57127; e-mail: tronghuan1369@yahoo.com

²Санкт-Петербургский горный университет, 21-я линия Васильевского острова, д. 2, Санкт-Петербург, Россия, 199106; e-mail: vfkedr@mail.ru

³Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Ленинский просп., д. 33, Москва, Россия, 119071

Оригинальная статья / Поступила в редакцию 25.02.20 / Принята к печати 14.05.20

Аннотация. В последнее время под влиянием осознания экологической роли и экономического значения мангровых (вечнозеленых) лесов, произрастающих в приливо-отливной полосе морского побережья Вьетнама, их площадь начали увеличивать путем создания искусственных посадок растений. Наиболее обширны по территории защитные мангровые леса. Они способны предотвращать смыв почвы и уничтожение береговой линии приливами и отливами, ослаблять разрушительные действия ураганов и цунами. Однако роль мангровых лесов в почвообразовательном процессе еще слабо изучена. В таких лесах на него влияет множество факторов: древесная растительность, приливные соленые воды, атмосферные осадки и горные стоки. Способность почвы сохранять воду, биогенные элементы, ионы и ряд других физико-химических свойств почвы тесно связаны с ее гранулометрическим составом. Многолетний мониторинг гранулометрического состава и концентрации биогенных элементов в почве мангровых лесов в районе Дам Бай залива Нячанг позволил нам выделить две группы почвенных разностей: типичная латтеритовая почва в естественных мангровых лесах и в посадках ризофор 2004 г. и слабо развитая латтеритовая в культурных ценозах 2007, 2013 гг. и на литорали. Почвы этих групп отличаются гранулометрическим составом в зависимости от времени формирования древостоев. Общее содержание гравия, алевролита и ила в почвах 1-й группы выше, чем в почвах 2-й. Концентрации биогенных элементов (содержание фосфора и азота) в почве мангровых лесов довольно высокие, но постепенно снижающиеся от почвы естественных мангровых лесов до литорали. В целях эффективной

борьбы с водной эрозией почв и улучшения их физико-химических свойств рекомендуется продолжить создание искусственных мангровых лесов на берегах залива Нячанг в провинции Кханьхоа Вьетнама.

Для цитирования: Фан Чонг Хуан, Ковязин В.Ф., Звонарёва С.С., Нгуен Тхи Хай Тхань, Нгуен Тхи Лан. Физико-химические свойства почв мангровых лесов Вьетнама // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 5. С. 9–21. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-9-21

Благодарность: Авторы выражают благодарность Приморскому отделению Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра за всестороннюю научную поддержку в рамках проекта «Эколан 3.1.15».

Ключевые слова: залив Нячанг, почвы мангровых лесов, гранулометрический состав, содержание биогенных элементов, посадка ризофор.

PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL PROPERTIES OF MANGROVE FORESTS IN VIETNAM

*Phan Trong Huan*¹, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [ABA-6501-2020](https://orcid.org/0000-0002-0471-0443).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0471-0443>

*Vasily F. Kovyazin*², Doctor of Biology, Prof.; ResearcherID: [Y-5917-2018](https://orcid.org/0000-0002-3118-8515).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3118-8515>

*Sofya S. Zvonareva*³, Candidate of Biology; ResearcherID: [E-8159-2019](https://orcid.org/0000-0002-0372-9919).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0372-9919>

*Nguyen Thi Hai Thanh*¹, Junior Research Scientist; ResearcherID: [AAX-4866-2021](https://orcid.org/0000-0001-7716-6859).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7716-6859>

*Nguyen Thi Lan*¹, Candidate of Biology; ResearcherID: [ABA-6990-2020](https://orcid.org/0000-0001-5869-3936).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5869-3936>

¹Russian-Vietnamese Tropical Research and Technology Center, Coastal Branch, Department of Ecology, Nguyen Thien Thuat st., 30, Nha Trang, Khanh Hoa Province, 57127, Socialist Republic of Vietnam; e-mail: tronghuan1369@yahoo.com

²Saint Petersburg Mining University, Vasilyevsky Ostrov, 21 liniya, 2, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation; e-mail: vfkedr@mail.ru

³A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Leninskiy prosp., 33, Moscow, 119071, Russian Federation

Original article / Received on February 25, 2020 / Accepted on May 14, 2020

Abstract. Recently the area of mangrove (evergreen) forests growing along the coast of Vietnam has been significantly increased by artificial afforestation under the recognition of their ecological role and economic importance. Protection mangrove forests are the largest among all mangrove forests in Vietnam. They act as a belt to prevent coastal roads from erosion and damage due to tides, storms, and tsunamis. However, their role in coastal soil formation is still poorly studied. Soil formation in mangrove forests is influenced by many factors including the following: woody vegetation, tidal saltwater, precipitation, and mountain runoff. The ability of soil to retain water, nutrients, ions, and some other physical and chemical properties is closely related to the soil texture. Long-term monitoring of the soil texture and the content of nutrients in the soil of mangrove forests in the Dam Bay area of the Nha Trang Bay allowed us to distinguish 2 groups of soil phases: typical laterite soil in natural mangrove forests and in rhizophore plantings of 2004 and poorly developed laterite soil in cultural cenoses of 2007 and 2013 and in the littoral zone. These two groups have differences in the soil texture depending on the time of stand formation. The total amount of

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license • The authors declare that there is no conflict of interest

gravel, aleurite, and silt in the first group of soils is higher than that in the second group. The concentrations of nutrients (phosphorus and nitrogen content) in the soil of mangrove forests is quite high, though it gradually decreases from the soil of natural mangrove forests to the littoral zone. In order to effectively prevent erosion of soils and improve their physical and chemical properties, artificial mangrove forests should continuously be grown along the coast lines of the Nha Trang Bay in the Khanh Hoa province, Vietnam.

For citation: Phan T.H., Kovyazin V.F., Zvonareva S.S., Nguyen T.H.T., Nguyen T.L. Physical and Chemical Soil Properties of Mangrove Forests in Vietnam. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 5, pp. 9–21. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-9-21

Acknowledgements: The authors are grateful to the Coastal Branch of the Russian-Vietnamese Tropical Research and Technology Center for comprehensive academic support. The research was carried out as part of the project “Ecolan 3.1.15” of the Russian-Vietnamese Tropical Center.

Keywords: Nha Trang Bay, soils of mangrove forests, soil texture, content of nutrients, rhizophore planting.

Введение

Мангровые леса, морские травы и коралловые рифы часто произрастают в одном сообществе и влияют друг на друга. Мангровые леса имеют высокую сомкнутость (8–15 м). Они задерживают атмосферные осадки и загрязняющие вещества, проникающие по поверхности почвы в залив Нячанг. Морские травы создают дополнительный барьер для ила и грязи, представляющих угрозу коралловым рифам. Коралловые рифы, в свою очередь, защищают травостой и мангровые леса от сильных океанских волн. То есть мангровые леса вместе с травами и коралловыми рифами образуют единый барьер, который «закрывает» прибрежные районы страны от неблагоприятных природных явлений.

Исторической родиной мангровых лесов считается Юго-Восточная Азия, однако они встречаются также в Западной Америке и на африканском континенте. Не менее известны мангровые леса Австралии и Новой Зеландии. Площадь таких лесов в Юго-Восточной Азии достигает 63,2×105,0 га, что составляет 34,9 % от общей площади лесов материка [5]. Распределение мангровых лесов в Юго-Восточной Азии приведено на рис. 1.

Несмотря на пограничное расположение мангровые леса являются сложной экосистемой, имеющей экологическое и экономическое значение [7, 8, 10]. Велика их роль и в почвообразовании [7]. Они способны предотвращать смыв грунта и уничтожение береговых линий приливами и отливами. Корневые системы мангровых лесов задерживают сток атмосферных осадков и укрепляют почву, тем самым снижая ее эрозию. Мангровые леса ослабляют разрушительные действия ураганов и цунами, постоянной эрозии. Установлено, что такие леса защищают почву от стихийных бедствий более эффективно, чем искусственные сооружения [3, 4, 14].

Мангровые леса обуславливают накопление ила и песка с остатками листьев, ветвей и стволов деревьев, способствуя образованию почвы. В них часто отсутствует подстилка, вымываемая отливами и сезонными паводками.

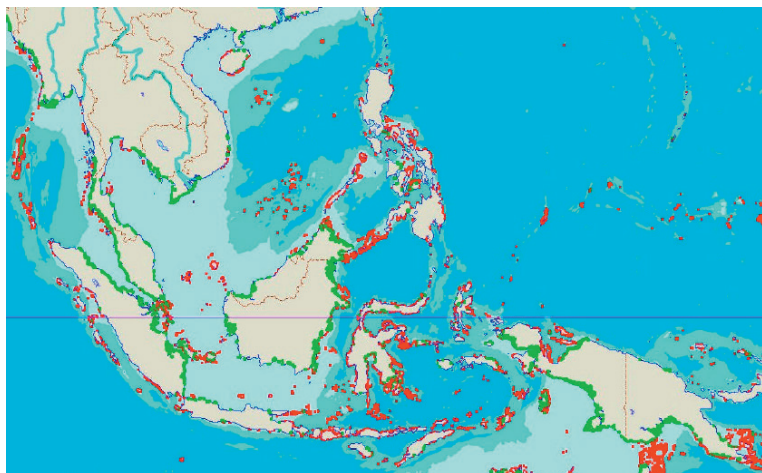


Рис. 1. Распределение мангровых лесов в Юго-Восточной Азии [5]

Fig. 1. Map of Southeast Asian mangrove areas [5]

Гранулометрический состав почвы мангровых лесов является важной физической характеристикой. С ним связаны способность сохранения воды, концентрации биогенных элементов, ионов и другие особенности [6, 11]. По гранулометрическому составу почвы мангровые леса можно классифицировать [12, 15, 17, 19]. Растения на разных типах почв неодинаковы по таксационным показателям, которые позволяют провести зонирование лесной территории. На типичных латеритовых почвах Юго-Восточной Азии хорошо развиваются представители семейства ризофоровые (*Rhizophoraceae*) – *Rhizophora mucronata* и *Avicennia marina*. Некоторые виды растений, такие как *Rhizophorastylosa*, хорошо себя чувствуют на песках и даже на коралловых островах, субстрат почв которых состоит из кораллового мусора, раковин и фрагментов известковых водорослей вида *Aragones* и др. На коралловых пляжах Филиппин, как известно из [5], и вдоль каналов встречаются виды *Rhizophoramangl*, *Bruguierasexangula*, *Sonneratiaalba* и *Ceriptagal*, правда *Sonneratiaalba* чаще произрастает в открытых заливах, а *Xylocarpusgranatum*, *Lumnitzeraracemosau*, *Aegicerascjrniculatum* адаптировались вдоль берегов внутренних водоемов.

При изучении сохранности, восстановления и устойчивого развития экосистем мангровых лесов необходимо исследовать физико-химические свойства почв, от качества которых зависит состояние и темпы роста растений.

Цель исследований – изучение физико-химических свойств почв мангровых лесов на морском побережье Вьетнама.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований служил мангровый лес в районе Дам Бай, вдоль залива Нячанг в близиг. Нячанг. Этот лесной массив имеет свою историю. В начале XX в. здесь произрастал естественный мангровый лес, но в 90-е гг. потребовалось место для строительства пристани. Лес вырубил, сохранив лишь часть: узкую полосу шириной 10 м. Впоследствии экологическая ситуация в районе исследования ухудшилась, и администрация провинции Кханьхоа приняла решение формировать искусственные мангровые леса в районе Дам Бай и на прилегающей территории.

Работы начались в 2004 г. и продолжались до декабря 2019 г. Высаживались растения, характеризующиеся разными способами опыления, относящиеся к двум семействам: ризофоровые (*Rhizophoraceae*) – опыляющаяся ветром *Rhizophorastylosa*, птицами и бабочками *Bruguierasexangula*; акантовые (*Acanthactae*) – *Avicennia marina* и *Aegicerascjrniculatum*, опыляющиеся пчелами. По периферии мангровых лесов встречаются представители таких семейств, как мальвовые (*Malvaceae*), молочайные (*Euphorbiaceae*), дербенниковые (*Lythraceae*), первоцветные (*Primulaceae*) и миртовые (*Myrtaceae*).

В характерных местах лесорастительных условий в 2006–2019 гг. брались образцы почвы: в естественных мангровых лесах, в искусственных посадках 2004, 2007 и 2013 гг., а также в литорали, расположенной вблизи посадок [4].

Размер части гранулометрического слоя почвы является наиболее важной характеристикой обломочных осадочных отложений в мангровых лесах Вьетнама. В полевых условиях для установления размера гранул обломочных осадочных пород использовалась шкала Частера К. Вентворта [16, 18]. Он видоизменил шкалу Йохана А. Уддена и дополнил шкалу Уильяма Крумберна. Размер гранул (диаметры частиц) Вентворт указывает в простых целых числах в виде шкалы, названной ФИ, которая представляет вычисленное по специальному уравнению миллиметровое число частицы в отрицательный алгоритм с основанием 2 (табл. 1).

Таблица 1

Шкала ФИ Вентворта и названия фракций осадочных пород

>4 мм	4–2 мм	1,9– 1,0 мм	0,9– 0,5 мм	0,49–0,25 мм	0,249–0,124 мм	0,125–0,063 мм	<0,063 мм
Галька	Гравий	Грубый песок	Крупный песок	Средний песок	Мелкий песок	Тонкий песок	Алевро- лит

Песок представлен песчаником, ил – мелкозернистым алевролитом, глина – аргиллитом. Сформированы гранулы из крупно-, средне- и тонкообломочных отложений. Образцы почвы высушивали в лабораторных условиях и просеивали через сито машины AS200 с помощью вибропривода. Массу просеянной почвы определяли при помощи лабораторных весов с точностью до 0,01 г. Затем рассчитывали содержание гранулометрических фракций. Долю каждой из них выражали в процентах от массы сухой почвы:

$$A = \frac{G_f}{G_1} \cdot 100,$$

где A – доля фракции, %; G_f – масса фракции, г; G_1 – общая масса пробы, г.

Классификация фракций по размерам и их наименования соответствовали шкале Вентворта. Количество общего азота в почве находили по методу Йохана Кьельдаля [13]. Определение подвижного фосфора выполнено в вытяжке Кирсанова по методу Дениже, в модификации Труога и Мейера [9].

Результаты физико-химического анализа по каждому почвенному разрезу лесного участка в дальнейшем были объединены в сайт для проведения дисперсионного анализа (ANOVA) и характеристики различий свойств почвы, собранной в естественных и искусственных мангровых лесах, а также на литорали (без растительности), расположенной рядом с посадками. При этом был

использован метод скользящей средней для прогнозирования изменения гранулометрического состава почв мангровых лесов, произрастающих в различных лесорастительных условиях. Анализ результатов исследований проведен с использованием программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Гранулометрический состав почвы, который исследовали в разные годы в мангровых лесах с различными лесорастительными условиями, представлен в табл. 2–6 и на рис. 2.

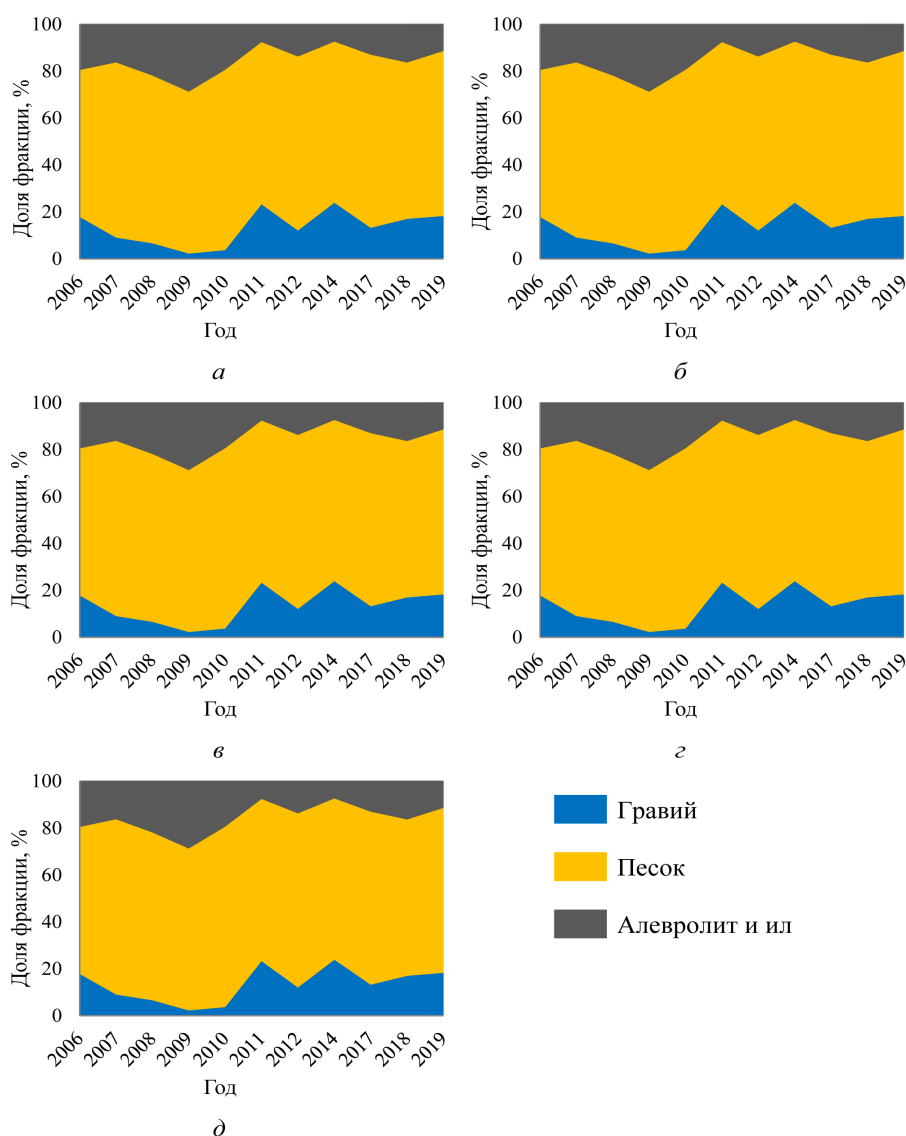


Рис. 2. Динамика по годам гранулометрического состава почвы мангровых лесов, сформированных естественным путем (а), посадками 2004 (б), 2007 (в), 2013 г. (г) и на литорали без растений (д)

Fig. 2. Dynamics by years of soil texture of mangrove forests formed naturally (a), by plantings in 2004 (б), 2007 (в), 2013 (г) and in the littoral zone without plants (д)

Таблица 2

Гранулометрический состав почвы естественных мангровых лесов

Год	Доля фракции, %							
	>4 мм	4–2 мм	1,9–1,0 мм	0,9–0,5 мм	0,49–0,25 мм	0,249–0,124 мм	0,125–0,063 мм	<0,063 мм
2006	7,69	10,17	9,81	6,75	6,48	15,31	24,31	19,48
2007	4,33	4,73	8,12	6,74	6,74	17,97	35,14	16,23
2008	2,62	3,98	6,97	8,59	7,43	11,85	36,71	21,85
2009	0,25	2,02	4,82	5,43	6,38	14,95	37,46	28,69
2010	0,75	2,94	7,78	8,73	6,47	12,45	41,51	19,37
2011	7,91	15,39	19,91	13,88	7,28	10,69	17,35	7,59
2012	1,91	10,16	17,72	14,60	9,96	12,11	19,81	13,73
2014	6,21	17,71	24,31	16,84	9,43	9,39	8,76	7,35
2017	3,52	9,71	18,22	14,42	9,95	13,63	17,57	12,98
2018	6,02	11,00	18,65	15,22	9,63	9,65	13,52	16,31
2019	5,77	12,52	13,21	12,92	11,22	12,70	20,30	11,36

Таблица 3

Гранулометрический состав почвы мангровых лесов, высаженных в 2004 г.

Год	Доля фракции, %							
	>4 мм	4–2 мм	1,9–1,0 мм	0,9–0,5 мм	0,49–0,25 мм	0,249–0,124 мм	0,125–0,063 мм	<0,063 мм
2006	5,39	16,56	25,65	14,81	8,64	9,01	11,51	8,43
2007	6,53	12,54	22,51	15,47	9,65	9,52	16,21	7,57
2008	5,95	21,64	33,83	10,26	3,25	3,56	12,01	9,50
2009	5,64	19,06	25,13	13,02	6,29	9,39	12,14	9,33
2010	1,12	6,96	23,84	15,94	8,46	13,09	18,29	12,30
2011	4,54	9,02	25,09	20,18	11,70	9,59	11,28	8,60
2012	4,91	14,65	17,64	13,34	10,71	10,14	14,71	13,91
2014	4,45	15,54	25,24	15,16	7,81	8,90	9,76	13,15
2017	6,75	21,40	25,48	13,13	6,48	6,36	8,09	12,33
2018	3,49	7,02	15,32	14,72	7,27	7,28	10,41	34,50
2019	2,16	9,55	18,48	13,11	12,47	10,71	10,82	22,70

Из приведенных в табл. 2–6 данных видно, что в мангровых лесах Дам Бая песчаные почвы занимают большую долю: в естественных мангровых лесах – 70,70 %, в посадках 2004 г. – 67,53 %, 2007 г. – 85,57 %, 2013 г. – 83,59 % и в литорали, расположенной рядом с посадками, – 86,94 %.

Нами проведен дисперсионный анализ влияния возраста мангровых лесов на гранулометрический состав почвы. Выявлено, что существуют статистические различия между исследованными группами почв по содержанию песка в них: все многообразие почв поделено на две группы. К 1-й можно отнести почвы естественных мангровых лесов и посадки мангров 2004 г., ко 2-й – почвы посадок мангровых лесов, заложенных в 2007, 2013 гг., и литорали. Каждая группа почв по содержанию песчаных фракций характеризуется статистическим различием. Содержание песчаных фракций в почве 1-й группы ниже по сравнению с почвой 2-й группы.

Таблица 4

Гранулометрический состав почвы мангровых лесов, высаженных в 2007 г.

Год	Доля фракции, %							
	>4 мм	4–2 мм	1,9– 1,0 мм	0,9– 0,5 мм	0,49– 0,25 мм	0,249– 0,124 мм	0,125– 0,063 мм	<0,063 мм
2006	0	7,89	36,39	33,53	13,65	5,19	3,35	0
2007	7,38	25,35	27,56	12,40	9,95	10,96	6,40	0
2008	1,46	6,12	19,03	20,26	15,97	18,79	16,19	2,18
2009	0,91	10,19	22,19	19,03	15,35	19,25	10,75	2,33
2010	0,44	3,82	13,44	20,05	19,09	24,35	18,81	0
2011	1,02	3,74	12,83	20,18	18,42	19,36	20,61	3,84
2012	1,85	5,71	17,23	26,75	19,97	12,99	12,14	3,36
2014	1,20	7,46	23,46	29,50	16,94	8,90	7,41	5,13
2017	1,66	8,05	24,8	28,53	15,79	8,77	7,29	5,11
2018	1,73	4,72	14,56	14,13	9,81	11,85	21,10	22,10
2019	2,17	8,20	24,62	23,88	13,35	9,84	14,31	3,63

Таблица 5

Гранулометрический состав почвы мангровых лесов, высаженных в 2013 г.

Год	Доля фракции, %							
	>4 мм	4–2 мм	1,9– 1,0 мм	0,9– 0,5 мм	0,49– 0,25 мм	0,249– 0,124 мм	0,125– 0,063 мм	<0,063 мм
2011	1,88	7,70	22,65	27,32	16,78	10,36	9,42	3,90
2012	0,58	2,39	18,41	35,61	26,79	11,34	4,88	0
2014	2,14	2,10	10,58	20,64	16,90	17,16	17,23	13,25
2017	2,76	2,89	14,93	24,87	14,37	12,88	12,37	14,93
2018	1,42	6,11	17,73	15,17	10,03	9,01	15,31	25,22
2019	2,30	3,62	24,23	27,38	16,07	10,09	11,04	5,27

Таблица 6

Гранулометрический состав почв литорали без растений

Год	Доля фракции, %							
	>4 мм	4–2 мм	1,9– 1,0 мм	0,9– 0,5 мм	0,49– 0,25 мм	0,249– 0,124 мм	0,125– 0,063 мм	<0,063 мм
2006	0	7,89	36,39	33,53	13,65	5,19	3,35	0
2007	7,38	25,35	27,56	12,40	9,95	10,96	6,40	0
2011	1,88	7,70	22,65	27,32	16,78	10,36	9,42	3,90
2012	0,58	2,39	18,41	35,61	26,79	11,34	4,88	0
2019	2,38	5,11	22,13	32,08	20,26	10,82	6,49	0,74

По содержанию гравия почвы тоже можно разделить на две группы: содержание фракции гравия в почве 1-й группы выше, чем во 2-й. Гравия в почве естественных мангровых лесов 13,39 %, в посадке 2004 г. – 18,62 %, 2007 г. – 10,10 %, 2013 г. – 5,98 %, в литорали – 12,13 %. Такой же результат для алевролита и ила в почвах показывает дисперсионный анализ. Среднее значение содержания этих пород в почве 1-й группы выше по сравнению со 2-й: доля алевролита и ила в почве естественных мангровых лесов составляет 15,90 %, в посадках 2004 г. – 13,84 %, 2007 г. – 6,09 %, 2013 г. – 10,43 %, на литорали – 0,93 %.

Метод скользящей средней позволил спрогнозировать изменение гранулометрического состава почвы мангровых лесов с учетом осадочных пород. Результаты приведены в табл. 7.

Таблица 7

Прогнозирование содержания фракций осадочных пород в почве мангровых лесов

Место взятия образца почвы	Порода	Содержание различных фракций в почве, %	
		фактическое среднее значение	прогнозируемое значение
Естественный мангровый лес	Гравий	13,39	16,91
	Песок	70,70	69,88
	Алевролит и ил	15,90	12,35
Посадки мангров 2004 г.	Гравий	18,62	17,98
	Песок	67,53	61,75
	Алевролит и ил	13,84	20,67
Посадки мангров 2007 г.	Гравий	10,10	8,55
	Песок	85,57	82,21
	Алевролит и ил	6,09	13,87
Посадки мангров 2013 г.	Гравий	5,98	6,37
	Песок	83,59	78,03
	Алевролит и ил	10,43	15,25
Литораль без растительности	Гравий	12,13	6,68
	Песок	86,94	91,78
	Алевролит и ил	0,93	1,55

По результатам исследований можно заключить, что гранулометрический состав почв в естественных мангровых лесах и в посадках мангров 2004 г. останется схожим в течение 10–20 лет. Аналогичная картина будет наблюдаться у почв более поздних посадок мангровых лесов и в литорали.

Почвы естественных мангровых лесов формируются под влиянием древесной растительности, морских приливов, осадков и вод, стекающих с континента. С увеличением возраста мангровых древостоев отмечается повышенное содержание в почве алевролита и ила. Анализы, проведенные в марте 2018 г., показали резкий рост содержания этих пород в почвах посадок 2004 г. и естественных мангровых лесов. Это связано, по нашему мнению, с действием тайфуна «Дамри»,

который прошел в провинции Кханьхоа в ноябре 2017 г. Содержание алевролита и ила в естественных мангровых лесах возросло в меньшей степени по сравнению с посадками 2004 г., что свидетельствует о способности мангрового древостоя противостоять водной эрозии почвы.

Общая биомасса мангровых растений достаточно велика, она почти вдвое превосходит биомассу формирующейся под саванной растительности и составляет 1273 ц/га. При этом на корни приходится от 11 до 40%. Опавшие листья обладают высокой зольностью (до 10%). В составе золы кроме биогенных элементов встречаются оксиды серы, кальция, алюминия, калия: SO_3 , CaO , MgO , Al_2O_3 , K_2O . В опаде содержится довольно много азота, что создает благоприятные условия для гумусообразования [2]. По данным исследований В.Д. Мухи, на глубине 0–19 см в мангровой слаборазвитой почве доля общего азота равна 0,09%, а в мангровой типичной почве – 0,15%. Уровень фосфора в мангровых почвах сильно варьирует [1].

В 2019 г. образцы почвы отбирались не только для оценки гранулометрического состава, но и для анализа содержания биогенных элементов (табл. 8 и рис. 3). Сравнивая наши данные с результатами В.Д. Мухи, можно отметить большое содержание фосфора и азота в почвах мангровых лесов в районе Дам Бай. Общее содержание фосфора также сильно варьирует из-за разницы почвенных условий: в естественных мангровых лесах оно составляет 13,07%, а в почве посадок 2004 г. – 10,04%. В слаборазвитой почве насаждений, заложенных в 2007 и 2013 гг., участие азота соответственно 9,04 и 7,38%, самая низкая его доля в литорали (6,35%). Общий азот постепенно снижается от почвы естественных мангровых лесов до литорали: 22,68% – для естественных мангровых лесов, 18,29% – для посадок 2004 г., 15,17% – 2007 г., 12,67% – 2013 г. и 11,23% – для литорали. Полученные в разные годы результаты исследований биогенных элементов в почве мангровых лесов приведены в табл. 8 и на рис. 3.

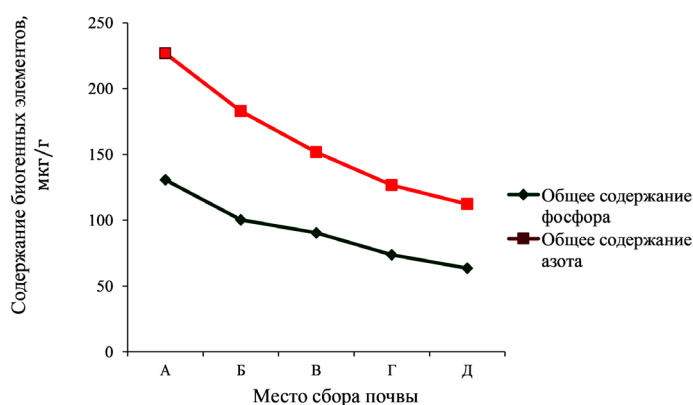


Рис. 3. Содержание биогенных элементов в почве мангровых лесов: в естественной полосе (А); в посадках 2004 (Б); 2007 (В); 2013 гг. (Г); в литорали (Д)

Fig. 3. The content of nutrients in the soil of mangrove forests: in the natural forest belt (А); in the plantings of 2004 (Б); 2007 (В); 2013 (Г); in the littoral zone (Д)

Таблица 8

Концентрация биогенных элементов в почвах мангровых лесов

Место взятия почвы	№ разреза	Фосфор		Азот	
		мкг/г	%	мкг/г	%
Естественные мангровые леса	Л.1.1	150,3	15,03	251,0	25,10
	Л.2.1	142,8	14,28	227,0	22,70
	Л.3.1	136,8	13,68	227,9	22,79
	Л.4.1	92,7	9,27	201,4	20,14
	<i>Среднее</i>	130,70	13,07	226,80	22,68
Посадки мангров 2004 г.	Л.1.2	74,2	7,42	125,4	12,45
	Л.2.2	110,8	11,08	205,1	20,51
	Л.3.2	120,9	12,09	212,7	21,27
	Л.4.2	95,5	9,55	188,3	18,83
	<i>Среднее</i>	100,40	10,04	182,90	18,29
Посадки мангров 2007 г.	Л.1.3	63,9	6,39	105,4	10,54
	Л.2.3	112,7	11,27	196,1	19,61
	Л.3.3	116,5	11,65	184,0	18,40
	Л.4.3	68,6	6,86	121,1	12,10
	<i>Среднее</i>	90,40	9,04	151,70	15,17
Посадки мангров 2013 г.	Л.1.4	56,4	5,64	104,3	10,43
	Л.2.4	62,0	6,20	101,1	10,11
	Л.3.4	109,0	10,90	189,6	18,96
	Л.4.4	67,6	6,76	111,6	11,16
	<i>Среднее</i>	73,80	7,38	126,70	12,67
Литораль	Л.1.5	39,5	3,95	70,2	7,02
	Л.2.5	61,1	6,11	114,2	11,42
	Л.3.5	96,2	9,62	159,3	15,93
	Л.4.5	57,3	5,73	105,4	10,54
	<i>Среднее</i>	63,53	6,35	112,28	11,23

Выводы

1. Исследования почв мангровых лесов (естественные и искусственные посадки 2004, 2007 и 2013 гг.), произрастающих в провинции Дам Бай Вьетнама, показали, что леса играют значительную роль в почвообразовании и защищают прибрежные районы страны от неблагоприятных природных условий, в т. ч. от водной эрозии. Почвообразовательный процесс происходит под влиянием мангровой растительности, морских приливов, а также пресных осадков и вод, стекающих с гор и холмов.

2. Гранулометрический состав почв мангровых лесов различается в зависимости от времени формирования древостоев и условий их произрастания. Достоверность статистического различия позволила классифицировать почвы по гранулометрическому составу, разделив их на две группы: типичные латтеритовые почвы (естественные насаждения и посадки 2004 г.) и слабо развитые

латеритовые почвы (посадки 2007 и 2013 гг.). Обе группы отличаются по зернистости (крупности) фракций.

3. Общее содержание гравия, алевролита и ила в почвах 1-й группы выше, чем в почвах 2-й, т. к. процесс почвообразования в искусственных посадках мангров происходит медленнее по сравнению со старыми естественными древостоями. Почвы 1-й группы содержат песка и глины больше, чем почвы 2-й. Содержание фракций осадочных пород в почвах обеих групп, предположительно, сохранится в течение 10–20 лет, пока искусственные древесные ценозы не достигнут высокой сомкнутости полога и средневозрастной структуры.

4. Выявлена тенденция к снижению содержания биогенных элементов от почв естественных мангровых лесов к их посадкам и до литорали.

5. В целях стабилизации экологической обстановки, эффективной борьбы с водной эрозией и улучшения физико-химических свойств почв рекомендуется продолжить создание искусственных мангровых лесов на берегах залива Нячанг в районе Дам Бай Вьетнама.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Плодородие почв и эффективность удобрений: сб. ст. Харьков. с.-х. ин-та. Харьков, 1980. С. 13–16. Mukha V.D. On Indicators Showing the Intensity and Direction of Soil Processes. *Soil Fertility and Fertilizers Efficiency: Collection of Academic Papers of the Kharkov Agricultural Institute*. Kharkov, 1980, pp. 13–16.
2. Наумов В.Д. Почвы тропиков и субтропиков и их сельскохозяйственное использование. М.: Колос, 2010. 361 с. Naumov V.D. *Soils of the Tropics and Subtropics and Their Agricultural Use*. Moscow, Kolos Publ., 2010. 361 p.
3. Bird E.C.F., Barson M.M. Measurement of Physiographic Changes on Mangrove-Fringed Estuaries Coastlines. *Marine Research in Indonesia*, 1977, vol. 18, pp. 73–80. DOI: <https://doi.org/10.14203/mri.v18i0.362>
4. Ellison J.C. Impacts of Sediment Burial on Mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 1999, vol. 37, iss. 8-12, pp. 420–426. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00122-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00122-2)
5. Giesen W., Wulffraat S., Zieren M., Scholten L. *Mangrove Guidebook for Southeast Asia*. FAO and Wetlands International, 2007. 769 p.
6. Havlin J.L., Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Boston, Pearson, 2014. 516 p.
7. Hogarth P.J. *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford, Oxford University Press, 2007. 280 p. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198568704.001.0001>
8. Kathiresan K., Bingham B.L. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 2001, vol. 40, pp. 81–251. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
9. Kovar J.L., Pierzynski G.M. *Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters*. Virginia Tech University, 2009. 122 p.
10. Phan Trong Huan, Nguyen Thi Lan. A Study of Mangrove Forests in the Khanh Hoa Province of Vietnam. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 3, pp. 64–72. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.3.64>
11. Salmo III S.G., Lovelock C., Duke N.C. Vegetation and Soil Characteristics as Indicators of Restoration Trajectories in Restored Mangroves. *Hydrobiologia*, 2013, vol. 720, iss. 1, pp. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1617-3>
12. Sherman E.R., Fahey T.J., Martinez P. Spatial Patterns of Biomass and Aboveground Net Primary Productivity in a Mangrove Ecosystem in the Dominican Republic. *Ecosystems*, 2003, vol. 6, iss. 4, pp. 384–398. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-002-0191-8>

13. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Ed. by E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton, L.S. Clesceri. Washington, DC, APHA, 2012. 1360 p.
14. Twilley R.R., Chen R.H., Hargis T. Carbon Sinks in Mangrove Forests and Their Implications to the Carbon Budget of Tropical Coastal Ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1992, vol. 64, pp. 265–288. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00477106>
15. Twilley R.R., Day Jr. J.W. Mangrove Wetlands. *Estuarine Ecology*. Ed. by J.W. Day Jr., B.C. Crump, W.M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia. New Jersey, Wiley-Blackwell, 2012, pp. 165–202. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118412787.ch7>
16. Udden J.A. Mechanical Composition of Clastic Sediments. *Geological Society of America Bulletin*, 1914, vol. 25(1), pp. 655–744. DOI: <https://doi.org/10.1130/GSAB-25-655>
17. Vilarrubia T.V. Zonation Pattern of an Isolated Mangrove Community at Playa Medina, Venezuela. *Wetlands Ecology and Management*, 2000, vol. 8, pp. 9–17. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008458409143>
18. Wentworth C.K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 1922, vol. 30, no. 5, pp. 377–392. DOI: <https://doi.org/10.1086/622910>
19. *World Mangrove Atlas*. Ed. by M. Spalding, F. Blasco, C. Field. Okinawa, ISME, 1997. 178 p.