

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-5-1301
УДК 581.5

EDN: ELYYKI



Научная статья

НАДЗЕМНАЯ И ПОДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА МАРШЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН (ЗАЛИВ АНИВА)

*И.О. Рожкова-Тими́на, М.В. Павлов, А.О. Горбунов, А.В. Уба,
А.И. Левицкий, О.А. Кораблев, В.В. Афанасьев*

Аннотация

Обоснование. Прибрежные марши – местообитания, образуемые в устьях рек и на илистых береговых осушках побережий приливных морей и заселенные галофитными фитоценозами. Их биологическая продуктивность вносит серьезный вклад в глобальный углеродный цикл.

Цель. Оценить продуктивность надземной и подземной фитомассы маршевых растительных сообществ в заливе Анива (юг о. Сахалин).

Материалы и методы. Исследования проводили в августе 2024 года в заливе Анива на нескольких профилях, проложенных от линии моря вглубь острова, и в одной внепрофильной точке (прирусловой вал устья р. Сусуя). Были выполнены геоботанические описания и отбор укосов для определения величин надземной и подземной фитомассы. При обработке материалов в программе Statistica 7.0 пользовались методами непараметрической статистики (критерий Краскелла-Уоллиса, $p < 0,01$).

Результаты. В фазу максимального развития травостоя запасы зеленой фитомассы в надземной части составили от 105,07 до 304,03 г/м², мортмассы – от 0 до 330,56 г/м² (из них масса ветоши максимально составила 160,9 г/м², подстилки – 179,06 г/м²). На прирусловом валу отсутствует ветошь, но представлено большое количество подстилки. На всех точках обследуемой площади количество подстилки больше количества ветоши, но меньше зеленой массы. Были получены близкие значения насыщенности корнями слоев 0-10 см и 10-20 см. В слое 20-30 см наблюдается небольшое снижение корневой массы. В слоях 30-40 см и 40-50 см количество подземной биомассы стремится к нулю.

Заключение. На всей исследуемой площади было обнаружено отсутствие активного разложения и минерализации растительных остатков. Основная корневая масса сосредоточена в слое почвы до глубины 30 см, затем ее количество резко сокращается.

Ключевые слова: прибрежные марши; растительные сообщества; надземная фитомасса; подземная фитомасса; корни; Сахалин

Для цитирования. Рожкова-Тимина, И. О., Павлов, М. В., Горбунов, А. О., Уба, А. В., Левицкий, А. И., Кorableв, О. А., & Афанасьев, В. В. (2025). Надземная и подземная фитомасса маршевых растительных сообществ в южной части острова Сахалин (залив Анива). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(5), 185-202. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-5-1301>

Original article

ABOVEGROUND AND UNDERGROUND PHYTOMASS OF COASTAL PLANT COMMUNITIES IN THE SOUTHERN PART OF SAKHALIN ISLAND (ANIVA BAY)

*I.O. Rozhkova-Timina, M.V. Pavlov, A.O. Gorbunov, A.V. Uba,
A.I. Levitsky, O.A. Korablev, V.V. Afanas'ev*

Abstract

Background. Coastal marshes are habitats formed at river mouths and on silty coasts of tidal seas and covered by halophytic phytocoenoses. Their biological productivity makes a significant contribution to the global carbon cycle.

Purpose. Assess the productivity of aboveground and underground phytomass of marsh plant communities in Aniva Bay (south of Sakhalin Island).

Materials and methods. The studies were conducted in August 2024 in Aniva Bay on several transects (from the sea line to the inland) and at one off-profile plot (levee at the Susuya River mouth). Relevés were made and selection of the mowed grass to determine the values of aboveground and underground phytomass was carried out. Nonparametric statistics methods were used (Kruskall-Wallis test, $p < 0.01$) in the Statistica 7.0 software.

Results. At the period of most active growth of vegetation, the green phytomass in the aboveground part ranged from 105.07 to 304.03 g/m², mortmass – from 0 to 330.56 g/m² (where the maximum standing dead plant biomass was 160.9 g/m², lit-

ter – 179.06 g/m²). There was no standing dead plant biomass on the riverbank, but a large amount of litter. At all plots of the studied area, the mass of litter is greater than the standing dead plant biomass, but less than the green mass. Close values of root quantity of the 0–10 cm and 10–20 cm layers were obtained. A slight decrease in root mass is observed in the 20–30 cm layer. In the 30–40 cm and 40–50 cm layers, the amount of underground biomass is close to zero.

Conclusion. The absence of active decomposition and mineralization of plant residues was found throughout the entire study area. The highest root mass is concentrated in the soil layer to a depth of 30 cm, then its quantity sharply decreases.

Keywords: coastal marshes; plant communities; aboveground phytomass; underground phytomass; roots; Sakhalin

For citation. Rozhkova-Timina, I. O., Pavlov, M. V., Gorbunov, A. O., Uba, A. V., Levitsky, A. I., Korablev, O. A., & Afanas'ev, V. V. (2025). Aboveground and underground phytomass of coastal plant communities in the southern part of Sakhalin Island (Aniva Bay). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(5), 185-202. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-5-1301>

Введение

В устьях рек и на илистых береговых осушках побережий приливных морей формируются так называемые марши – соленые и богатые углеродом местообитания, заселенные галофитными растительными сообществами [16]. Эти фитоценозы (еще называемые маршевыми лугами или растительностью прибрежных маршей) подвергаются регулярному воздействию морских вод за счет приливной деятельности моря и штормов [24], а также через грунтовые воды [10].

В России растительность маршевых лугов достаточно подробно изучена на побережьях арктических морей: Белое море [3; 10], Баренцево море [1; 2; 4], Берингово море [5]; есть данные о маршевых лугах Карского, Восточно-Сибирского, Чукотского морей и моря Лаптевых [11]. При этом в литературе нет данных об их биологической продуктивности, которая является важнейшей функциональной характеристикой экосистем и используется для отражения устойчивости фитоценозов.

В последние годы изучение лугов стали проводить для оценки влияния климатических и гидрологических факторов на биоразнообразие [19; 23]; продуктивность лугов оценивается с позиции их вклада в глобальный углеродный цикл [15; 17; 22]. Эти экосистемы хранят значительную часть углерода, и смещение углеродного баланса лугов может привести к увеличению эмиссии диоксида углерода [18; 20; 21]. Море при этом можно

рассматривать как важнейший регулятор транспорта растворенного углерода и связанных с ним элементов от суши к океану.

Ранее мы приводили классификацию травяной растительности прибрежных маршей Охотского моря [8]. Так же в 2023 году нами были начаты исследования продуктивности маршевых травяных сообществ на побережье Охотского моря и предпринята попытка оценки корреляции между удаленностью от моря и продуктивностью сообществ, однако полученные данные требовали уточнения [9]. Научная новизна заключается в адекватной оценке продуктивности надземной и подземной фитомассы маршевых сообществ Охотского моря. Впервые отбор проб корневой массы проводился с различных глубин.

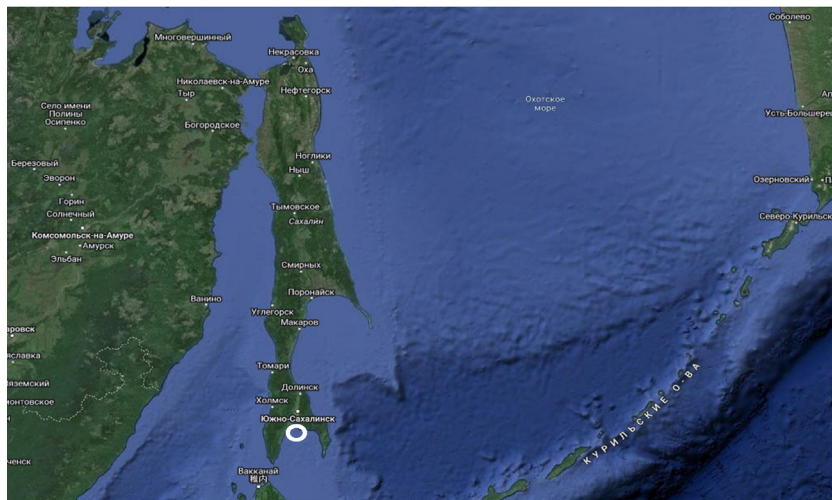
Материалы и методы

Исследования проводили в августе 2024 года на юге острова Сахалин (побережье бухты Лососей в верховье залива Анива). Часть работ проводилась на заложенных ранее ключевых площадках [9]. Также после дистанционного изучения территории при помощи крупномасштабных спутниковых снимков были выбраны дополнительные пробные площади для исследований.

Исследования проводились на нескольких профилях, проложенных от линии моря вглубь острова (ЦТр, Тр1, Тр2, Тр3), и в одной внепрофильной точке (прирусловой вал р. Суся; точка на карте и графиках обозначена «Вне»). Карта о. Сахалин и схема пробоотбора приведены на рис. 1. Точки пронумерованы по мере удаления от береговой линии (1, 2 – низкие марши, территория, затопляемая ежедневными приливами; 3 – средние марши, не заливаемые квадратурными приливами; 4, 5 – высокие марши, территория, затопляемая штормовыми нагонами и сизигийными приливами).

На пробных площадях в фазу максимального развития травостоя были выполнены геоботанические описания и отбор укосов для определения величины надземной и подземной фитомассы. Описания производили на площади 100 м²; при этом отмечали общее проективное покрытие травостоя, его высоту, флористический состав и проективное покрытие каждого вида с последующим выявлением доминирующих видов [6]. Укосы брали с квадратов площадью 0,25 м² в пятикратной повторности с последующим перерасчетом в г/м². Отдельно учитывались отмершая часть надземной фитомассы (надземная мортмасса, включающая подстилку и ветошь) и корни (без дифференциации живых и мертвых корней). Ветошь – это отмершая часть растений, стоящая на корню; подстилка – отмершие и опавшие части растений [12]. Растения срезали на уровне почвы; укосы высушивали до воздушно-сухого

состояния и взвешивали на электронных лабораторных весах. Номенклатура растений приведена соответственно чек-листу С.К. Черепанова [14].



а)



б)

Рис. 1. Район исследований: а) – карта о. Сахалин. Точкой отмечено место проведения исследований; б) – схема проведения работ.

Пробы подземной фитомассы отбирали параллельно с надземной фитомассой. Для определения подземной фитомассы в центре каждой из пяти учетных площадок отбирали почвенные монолиты объемом 1000 см³ из слоев различной глубины [7; 13]. Необходимо уточнить, что это был первый год подобных работ, вследствие чего одной из задач стало определить необходимое количество слоев. Подземная фитомасса отмывалась от почвы с использованием сита с отверстием 0,5 мм.

При обработке материалов в программе Statistica 7.0 пользовались методами непараметрической статистики (критерий Краскелла-Уоллиса, $p < 0,01$).

Результаты и обсуждение

Геоботаническая характеристика пробных площадей. Низкие марши характеризуются относительно небольшой высотой травостоя (от 30 до 50 см). Среднее проективное покрытие 70 %. К доминантным видам относятся *Carex subspathacea*, *Triglochin maritimum*, *Stellaria humifusa*, *Glaux maritima*.

Верхние марши имеют более высокий и густой травостой (средняя высота – 150 см, проективное покрытие – 75 %). Доминантные виды: *Phragmites australis*, *Lobelia sessilifolia*, *Rubus arcticus*, *Carex cryptocarpa*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Sanguisorba tenuifolia*. Нередко побеги *Phragmites australis* достигают высоты 190 см.

На средних маршах отмечены травы, характерные для низких (*Carex subspathacea*, *Triglochin maritimum*, *Stellaria humifusa*) и высоких (*Phragmites australis*, *Carex cryptocarpa*) маршей. Кроме этого, там распространены *Arctopoa eminens*, *Juncus haenkei*, *Potentilla anserina*.

Травостой на прирусловом вале (внепрофильная точка) состоит из двух видов злаков: *Leymus mollis* (ПП 30 %) и *Phragmites australis* (ПП 70 %). Средняя высота травостоя 130 см.

По профилям видовой состав фитоценоза можно охарактеризовать следующим образом:

ЦТр. Высота травостоя 40 см, проективное покрытие 70%. Доминантные виды: *Carex subspathacea*, *Fimbripetalum radians*, *Triglochin maritimum*, *Potentilla anserina*.

Тр1. Высота травостоя от 30 см на нижних маршах до 180 см на верхних. Проективное покрытие от 50 до 100%. Доминантные виды: *Carex subspathacea*, *Stellaria humifusa*, *Triglochin maritimum*, *Arctopoa eminens*, *Rubus arcticus*, *Dactylis glomerata*, *Potentilla anserina*, *Leymus mollis*, *Phragmites australis*.

Тр2. Высота травостоя от 30 см на нижних маршах до 160 см на средних и верхних. Проективное покрытие от 50 до 100%. Доминантные виды: *Triglochin maritimum*, *Stellaria humifusa*, *Carex subspathacea*, *Lobelia sessilifolia*, *Phragmites australis*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Leymus mollis*. Кроме того, профиль Тр2 – единственный, где был отмечен мох *Polytrichum sp.*

Тр3. Высота травостоя 150–190 см. Проективное покрытие от 50 до 80%. Фитоценозы представлены главным образом *Phragmites australis*, в меньшей степени *Lobelia sessilifolia*, *Maianthemum bifolium*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Sanguisorba tenuifolia*, *Thermopsis lupinoides*.

Таблица 1.

Показатели продуктивности надземной фитомассы на прибрежных маршах залива Анива, г/м²

Точка	Подстилка			Ветошь			Зеленая масса		
	Мин	Макс	Среднее	Мин	Макс	Среднее	Мин	Макс	Среднее
Вне	92,62	291,36	126,18	0,00	0,00	0,00	117,41	187,25	123,23
ЦТр 1-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,53	198,84	135,73
ЦТр 1-2	118,93	238,85	179,06	0,00	178,99	95,59	218,47	357,86	304,03
Тр 2-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,00	152,44	110,09
Тр 2-2	0,00	25,60	5,12	0,00	0,00	0,00	90,74	181,71	115,74
Тр 2-3	49,84	375,64	169,67	82,63	252,34	160,90	106,79	221,01	162,29
Тр 2-4	16,59	74,62	41,46	23,08	73,20	43,03	54,09	182,25	105,07
Тр 2-5	60,26	136,88	100,30	7,45	67,91	42,33	75,30	174,84	127,57
Тр 1-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,98	204,60	144,09
Тр 1-2	19,69	222,86	108,82	0,00	37,51	7,50	154,20	261,78	190,67
Тр 1-3	38,53	157,34	76,25	0,00	122,69	85,23	113,64	152,03	126,02
Тр 1-4	30,41	111,08	62,48	33,45	228,65	125,51	129,28	198,67	168,44
Тр 1-5	45,44	184,48	91,40	69,99	195,38	103,69	120,68	180,01	141,14
Тр 3-2	3,24	132,13	44,31	36,54	145,30	71,35	194,51	478,42	286,89
Тр 3-3	10,84	205,01	93,14	33,77	244,55	109,44	69,82	188,87	125,11

Продуктивность надземной фитомассы. На исследованных территориях прибрежных маршей в фазу максимального развития травостоя запасы зеленой фитомассы в надземной части составили от 105,07 до 304,03 г/м², мортмассы – от 0 до 330,56 г/м² (из них масса ветоши максимально составила 160,9 г/м², подстилки – 179,06 г/м²) (табл. 1). Это не очень высокие показатели, которые можно объяснить следующими наблюдениями. Отли-

чительной особенностью низких маршей оказалось, что на них отсутствует надземная мортмасса. Логично предположить, что она вымывается с берегов приливно-отливной деятельностью моря. На прирусловом валу устья р. Суся (внепрофильная точка) отсутствует ветошь, но представлено большое (в сравнении с профильными точками) количество подстилки. В целом на всех точках обследуемой площади количество подстилки больше количества ветоши, но меньше зеленой массы, что говорит о слабом протекании процессов разложения и минерализации растительных остатков. Лишь на верхних точках профиля Тр1 (Тр1-4 и Тр1-5), профиля Тр2 (Тр2-3 и Тр2-4) и профиле Тр3 отмечены другие тенденции. Точка Тр2-3 показала примерно одинаковые средние значения всех составляющих надземной фитомассы, в остальных перечисленных точках масса ветоши превышает массу подстилки, но ниже, чем зеленая масса. Разложение растительных остатков здесь проходит еще медленнее, чем на остальной территории.

Для оценки разницы в биомассе на различных профилях мы сравнили показатели биомассы непараметрическим критерием Краскелл-Уоллиса ($p < 0,01$). Результаты представлены на рисунке 2.

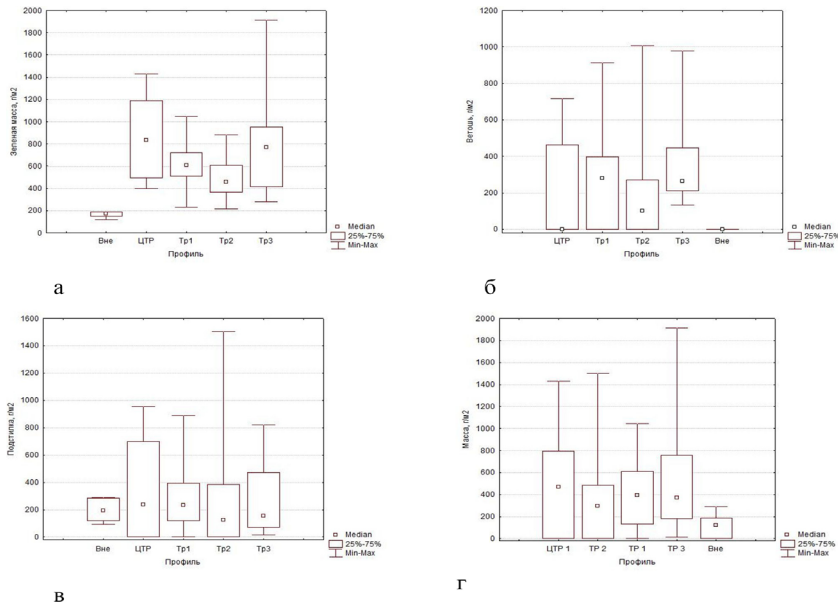


Рис. 2. Распределение биомассы по профилям: а – зеленая фитомасса, б – ветошь, в – подстилка, г – вся надземная фитомасса.

Мы видим, что значения зеленой фитомассы, отобранной на заложённых профилях, не показали статистически значимой разницы. От них отличается внепрофильная точка прируслового вала, где количество зеленой массы значительно меньше.

Медианное среднее значение массы ветоши находится в диапазоне от 0 до 300 г/м². На внепрофильной точке ветошь отсутствует, так же ветоши нет на точках низких маршей профилей Тр1 и Тр2.

Значения подстилки, несмотря на существенную разницу в минимальных и максимальных значениях, не показали статистически достоверных отличий в медианном значении. В целом из этого можно заключить, что продуктивность фитомассы на маршевых лугах залива Анива зависит от геоморфологических, гидрологических, почвенных и других факторов, а не от местоположения и видового состава фитоценоза.

Подземная фитомасса. Первый вопрос, который необходимо было выяснить: какие слои почв наиболее насыщены корнями, и следовательно, до какого слоя необходимо проводить исследования при дальнейшей работе.

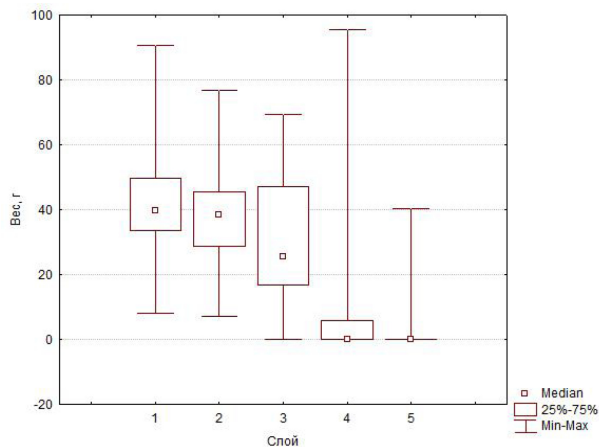


Рис. 3. Подземная фитомасса прибрежных маршей бухты Лососей: 1 – 0-10 см; 2 – 10-20 см; 3 – 20-30 см; 4 – 30-40 см; 5 – 40-50 см.

График на рисунке 3 наглядно показывает близкие значения насыщенности корнями слоев 0-10 см и 10-20 см. В слое 20-30 см наблюдается небольшое снижение корневой массы. В слоях 30-40 см и 40-50 см количество подземной биомассы стремится к нулю, из-за чего был сделан вывод о нецелесообразности отбора проб этих слоев при дальнейшей работе.

Боле того, исследования почвенного монолита с такой глубины чреваты высокой погрешностью из-за сложностей в отборе.

При исследовании подземной фитомассы у нас не было цели определить степень различий между профилями, однако сравнить точки между собой было необходимо (рис. 4). Для корректного сравнения учитывались только верхние три слоя (0-30 см).

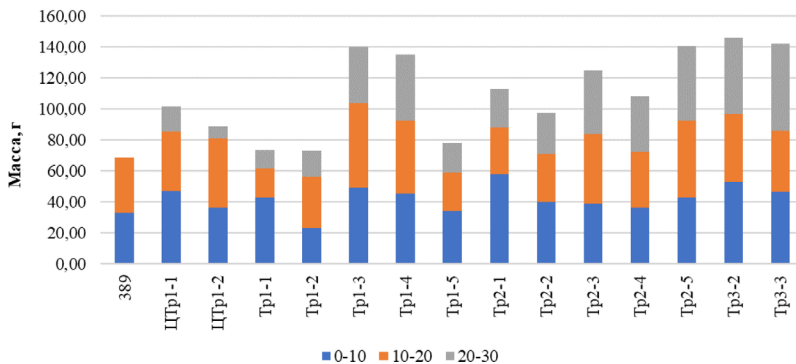


Рис. 4. Содержание подземной фитомассы в верхнем слое почв прибрежных маршей бухты Лососей (0-30 см).

На низких маршах ожидалось получить меньшее количество подземной фитомассы, чем на средних и верхних маршах. Частично это подтвердилось, (например, точки Тр1-1 и Тр1-2 против Тр1-3 и Тр1-4), но нет явно выраженного тренда. Точка Тр1-5, несмотря на то что находится на верхнем марше, показала малое количество корневой массы. На профиле Тр2 также нет тенденции к увеличению подземной фитомассы по мере продвижения вверх от береговой линии. Две точки профиля Тр3 продемонстрировали наиболее высокие значения биомассы, что, вероятно, связано с видовым составом фитоценоза: подавляющее (почти 100%) содержание *Phragmites australis*, который имеет крупные тяжелые корни. Внепрофильная точка прируслового вала показала средние значения корневой массы в двух верхних слоях и ей отсутствие в слое 20–30 см.

Заключение

В результате исследования продуктивности травянистых сообществ прибрежных маршей бухты Лососей залива Анива был сделан вывод, что продуктивность фитомассы на маршевых лугах залива Анива зависит от геоморфологических, гидрологических, почвенных и других факторов, а

не от местоположения и видового состава фитоценоза и нет необходимости в высокой плотности точек исследования. Основная корневая масса сосредоточена в слое почвы до глубины 30 см, затем ее количество резко сокращается. Эти данные будут использованы при планировании будущих исследований. Таким образом, полученные результаты продуктивности надземной и подземной фитомассы на прибрежных маршах юга о. Сахалин имеют методическое значение. Так же на всей исследуемой площади было обнаружено отсутствие активного разложения и минерализации растительных остатков. Разница продуктивности надземной фитомассы между заложенными профилями статистически незначима при $p < 0,01$, но от профилей отличается точка на прирусловом валу р. Сусуя.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Государственное задание FEFF-2024-0004 «Создание научных основ управления процессами поглощения и накопления углерода биоморфолитосистемами прибрежно-морских водно-болотных угодий и прилегающих морских акваторий».

Список литературы

1. Лавриненко, И. А. (2020). Типология и синтаксономический состав территориальных единиц растительности: новый подход на примере изучения арктических маршей. *Растительность России*, (39), 100–148. <https://doi.org/10.31111/vegus/2020.39.100>. EDN: <https://elibrary.ru/CQXCMQ>
2. Лапина, А. М., & Иванова, К. В. (2021). Синтаксономический состав и пространственная структура территориальных единиц растительности приморских маршей Малоземельской тундры. *Фиторазнообразия Восточной Европы*, 15(3), 52–66. <https://doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-3-52-66>. EDN: <https://elibrary.ru/YDSNNB>
3. Мосеев, Д. С., Сергиенко, Л. А., Лещев, А. В., Брагин, А. В., Романов, Р. Е., & Чуракова, Е. Ю. (2021). Редкие растительные сообщества озёр и эстуариев рек Архангельской области. *Turczaninowia*, 24(3), 138–162. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.24.3.11>. EDN: <https://elibrary.ru/SFAMLH>
4. Мосеев, Д. С., Сергиенко, Л. А., Паринова, Т. А., & Волков, А. Г. (2021). Галофитная растительность южного побережья Печорской губы. *Ботанический журнал*, 106(11), 1050–1065. <https://doi.org/10.31857/s0006813621110053>. EDN: <https://elibrary.ru/FQRHUW>
5. Нешатаева, В. Ю., Нешатаев, В. Ю., Кораблев, А. П., & Кузьмина, Е. Ю. (2014). Растительность приморских маршей побережья залива Корфа

- (Олюторский район Камчатского края). *Ботанический журнал*, 99(8), 868–894. EDN: <https://elibrary.ru/SIQTPX>
6. *Полевая геоботаника* (Т. 1–4). (1959–1972). Москва; Ленинград.
 7. *Продуктивность луговых сообществ*. (1978). Ленинград: Наука. 287 с.
 8. Рожкова-Тимина, И. О. (2023). Растительность маршей прибрежно-морских водно-болотных угодий (карбоновый полигон в бухте Лососей, Южный Сахалин). *Процессы в геосредах*, 4(38), 2215–2220. EDN: <https://elibrary.ru/IAWGDA>
 9. Рожкова-Тимина, И. О., Кораблев, О. А., & Павлов, М. В. (2024). Структура и продуктивность растительности прибрежных маршей южной части о. Сахалин (карбоновый полигон в бухте Лососей). *Процессы в геосредах*, 2(40), 2462–2466. EDN: <https://elibrary.ru/GEBURI>
 10. Сергиенко, Л. А., Дьячкова, Т. Ю., & Андросова, В. И. (2020). Флористическое богатство и насыщенность приморских растительных сообществ с доминированием *Triglochin maritima* L. (Juncaginaceae) на побережье северных морей. *Национальная Ассоциация Учёных*, (53-1(53)), 17–20. EDN: <https://elibrary.ru/WSRTLC>
 11. Сергиенко, Л. А., & Мосеев, Д. С. (2015). Таксономическая структура и эколого-географическая характеристика флорценологического комплекса побережий Российской Арктики. *Учёные записки Петрозаводского государственного университета*, 6(151), 28–33. EDN: <https://elibrary.ru/VCDNRN>
 12. Тилянова, А. А., Базилевич, Н. И., Снытко, В. А., & Ильин, В. Б. (1988). *Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности*. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 131 с. ISBN: 5-02-028879-9. EDN: <https://elibrary.ru/RXLFRG>
 13. Тилянова, А. А., Косых, Н. П., Миронычева-Токарева, Н. П., & Романова, И. П. (1996). *Подземные органы растений в травяных экосистемах*. Новосибирск: Наука. 128 с. ISBN: 5-02-031220-7. EDN: <https://elibrary.ru/YVNGKK>
 14. Черепанов, С. К. (1995). *Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)*. Санкт-Петербург: Мир и семья. 992 с.
 15. Шепелева, Л. Ф., Пудова, М. С., Леденева, Е. А., & Колесниченко, Л. Г. (2023). Надземная и подземная фитомассы луговых сообществ поймы Средней Оби (Кривошеинский район Томской области). *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*, 16(4), 454–470. EDN: <https://elibrary.ru/QIXPYE>

16. Campbell, A., Fatoyinbo, L., Goldberg, L., & Lagomasino, D. (2022). Global hotspots of salt marsh change and carbon emissions. *Nature*, 612(7941), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05355-z>. EDN: <https://elibrary.ru/MMVHIX>
17. Chen, N., Zhu, J., Zhang, Y., Liu, Y., Li, J., Zu, J., & Huang, K. (2019). Nonlinear response of ecosystem respiration to multiple levels of temperature increases. *Ecology and Evolution*, 9(3), 925–937. <https://doi.org/10.1002/ece3.4658>
18. Ganjurjav, H., Hu, G., Gornish, E., Zhang, Y., Li, Y., Yan, Y., Wu, H., Yan, J., He, S., Danjiu, L., & Gao, Q. (2022). Warming and spring precipitation addition change plant growth pattern but have minor effects on growing season mean gross gross ecosystem productivity in an alpine meadow. *Science of the Total Environment*, 841, 156712. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156712>. EDN: <https://elibrary.ru/HBHYLH>
19. Hossain, L., Kabir, H., Nila, U. S., & Rubaiyat, A. (2021). Response of grassland net primary productivity to dry and wet climatic events in four grassland types in Inner Mongolia. *Plant-Environment Interactions*, 2(5), 250–262. <https://doi.org/10.1002/pei3.10064>. EDN: <https://elibrary.ru/DHGIGF>
20. Nkrumah, T., Meiling, Z., Stephen, N., & Xingyu, W. (2022). Response of carbon budget to climate change of the alpine meadow in Gannan using the CENTURY model. *Journal of Water and Climate Change*, 13(6), 2298–2318. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.362>. EDN: <https://elibrary.ru/YJDRYB>
21. Quan, Q., Zhang, F., Meng, C., Meng, C., Ma, F., Niu, S., & Zhou, Q. (2020). Shifting biomass allocation determines community water use efficiency under climate warming. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba472>. EDN: <https://elibrary.ru/GDMJFF>
22. Zhang, B., Cadotte, M., Chen, S., Tan, X., You, C., Ren, T., Chen, M., Wang, S., Li, W., Chu, C., Jiang, L., Bai, Y., Huang, J., & Han, X. (2019). Plants alter their vertical root distribution rather than biomass allocation in response to changing precipitation. *Ecology*, 100(11), e02828. <https://doi.org/10.1002/ecy.2828>. EDN: <https://elibrary.ru/DNLYKB>
23. Zhang, L., Gao, J., Tang, Z., & Jiao, K. (2021). Quantifying the ecosystem vulnerability to drought based on data integration and processes coupling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 301–302, 108354. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.1083>. EDN: <https://elibrary.ru/NUXYBI>
24. Zhang, W., Ge, Z., Li, S., Tan, L., Zhou, K., Li, Y., Xie, L., & Dai, Z. (2022). The role of seasonal vegetation properties in determining the wave attenuation capacity of coastal marshes: Implications for building natural defenses. *Ecological Engineering*, 175, 106494. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106494>. EDN: <https://elibrary.ru/GUGVBO>

References

1. Lavrinenko, I. A. (2020). Typology and syntaxonomic composition of vegetation territorial units: a new approach using the example of Arctic marshes. *Vegetation of Russia*, (39), 100–148. <https://doi.org/10.31111/vegus/2020.39.100>. EDN: <https://elibrary.ru/CQXCMQ>
2. Lapina, A. M., & Ivanova, K. V. (2021). Syntaxonomic composition and spatial structure of vegetation territorial units of seaside marshes in the Malozemel'skaya tundra. *Phytodiversity of Eastern Europe*, 15(3), 52–66. <https://doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-3-52-66>. EDN: <https://elibrary.ru/YDSNNB>
3. Moseev, D. S., Sergienko, L. A., Leshchev, A. V., Bragin, A. V., Romanov, R. E., & Churakova, E. Yu. (2021). Rare plant communities of lakes and river estuaries in Arkhangelsk Oblast. *Turczaninowia*, 24(3), 138–162. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.24.3.11>. EDN: <https://elibrary.ru/SFAMLH>
4. Moseev, D. S., Sergienko, L. A., Parinova, T. A., & Volkov, A. G. (2021). Halophytic vegetation of the southern coast of the Pechora Bay. *Botanical Journal*, 106(11), 1050–1065. <https://doi.org/10.31857/s0006813621110053>. EDN: <https://elibrary.ru/FQRHUW>
5. Neshataeva, V. Yu., Neshataev, V. Yu., Korablev, A. P., & Kuzmina, E. Yu. (2014). Vegetation of seaside marshes along the coast of Korf Bay (Olyutorsky District, Kamchatka Krai). *Botanical Journal*, 99(8), 868–894. EDN: <https://elibrary.ru/SIQTPX>
6. *Field geobotany* (Vols. 1–4). (1959–1972). Moscow; Leningrad.
7. *Productivity of meadow communities*. (1978). Leningrad: Nauka. 287 p.
8. Rozhkova-Timina, I. O. (2023). Vegetation of marshes in coastal wetlands (carbon polygon in Lososi Bay, South Sakhalin). *Processes in Geomediums*, (4(38)), 2215–2220. EDN: <https://elibrary.ru/IAWGDA>
9. Rozhkova-Timina, I. O., Korablev, O. A., & Pavlov, M. V. (2024). Structure and productivity of vegetation in coastal marshes of southern Sakhalin Island (carbon polygon in Lososi Bay). *Processes in Geomediums*, (2(40)), 2462–2466. EDN: <https://elibrary.ru/GEBURI>
10. Sergienko, L. A., Dyachkova, T. Yu., & Androsova, V. I. (2020). Floristic richness and saturation of seaside plant communities dominated by *Triglochin maritima* L. (Juncaginaceae) along the coasts of northern seas. *National Association of Scientists*, (53-1(53)), 17–20. EDN: <https://elibrary.ru/WSRTLC>
11. Sergienko, L. A., & Moseev, D. S. (2015). Taxonomic structure and ecological-geographical characteristics of the floristic-coenotic complex of the Russian Arctic coasts. *Proceedings of Petrozavodsk State University*, (6(151)), 28–33. EDN: <https://elibrary.ru/VCDNRN>

12. Tilyanova, A. A., Bazilevich, N. I., Snytko, V. A., & Ilyin, V. B. (1988). *Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and ecological features*. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch. 131 p. ISBN: 5-02-028879-9. EDN: <https://elibrary.ru/RXLFGR>
13. Tilyanova, A. A., Kosykh, N. P., Mironycheva-Tokareva, N. P., & Romanova, I. P. (1996). *Underground plant organs in grass ecosystems*. Novosibirsk: Nauka. 128 p. ISBN: 5-02-031220-7. EDN: <https://elibrary.ru/YVNGKK>
14. Cherepanov, S. K. (1995). *Vascular plants of Russia and adjacent states (within the former USSR)*. St. Petersburg: Mir i Semya. 992 p.
15. Shepeleva, L. F., Pudova, M. S., Ledeneva, E. A., & Kolesnichenko, L. G. (2023). Aboveground and underground phytomass of meadow communities in the floodplain of the Middle Ob River (Krivosheinsky District, Tomsk Oblast). *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 16(4), 454–470. EDN: <https://elibrary.ru/QIXPYE>
16. Campbell, A., Fatoyinbo, L., Goldberg, L., & Lagomasino, D. (2022). Global hotspots of salt marsh change and carbon emissions. *Nature*, 612(7941), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05355-z>. EDN: <https://elibrary.ru/MMVHIX>
17. Chen, N., Zhu, J., Zhang, Y., Liu, Y., Li, J., Zu, J., & Huang, K. (2019). Nonlinear response of ecosystem respiration to multiple levels of temperature increases. *Ecology and Evolution*, 9(3), 925–937. <https://doi.org/10.1002/ece3.4658>
18. Ganjurjav, H., Hu, G., Gornish, E., Zhang, Y., Li, Y., Yan, Y., Wu, H., Yan, J., He, S., Danju, L., & Gao, Q. (2022). Warming and spring precipitation addition change plant growth pattern but have minor effects on growing season mean gross ecosystem productivity in an alpine meadow. *Science of the Total Environment*, 841, 156712. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156712>. EDN: <https://elibrary.ru/HBHYLH>
19. Hossain, L., Kabir, H., Nila, U. S., & Rubaiyat, A. (2021). Response of grassland net primary productivity to dry and wet climatic events in four grassland types in Inner Mongolia. *Plant Environment Interactions*, 2(5), 250–262. <https://doi.org/10.1002/pei3.10064>. EDN: <https://elibrary.ru/DHGIGF>
20. Nkrumah, T., Meiling, Z., Stephen, N., & Xingyu, W. (2022). Response of carbon budget to climate change of the alpine meadow in Gannan using the CENTURY model. *Journal of Water and Climate Change*, 13(6), 2298–2318. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.362>. EDN: <https://elibrary.ru/YJDRYB>
21. Quan, Q., Zhang, F., Meng, C., Meng, C., Ma, F., Niu, S., & Zhou, Q. (2020). Shifting biomass allocation determines community water use efficiency under climate warming. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba472>. EDN: <https://elibrary.ru/GDMJFF>

22. Zhang, B., Cadotte, M., Chen, S., Tan, X., You, C., Ren, T., Chen, M., Wang, S., Li, W., Chu, C., Jiang, L., Bai, Y., Huang, J., & Han, X. (2019). Plants alter their vertical root distribution rather than biomass allocation in response to changing precipitation. *Ecology*, *100*(11), e02828. <https://doi.org/10.1002/ecy.2828>. EDN: <https://elibrary.ru/DNLYKB>
23. Zhang, L., Gao, J., Tang, Z., & Jiao, K. (2021). Quantifying the ecosystem vulnerability to drought based on data integration and processes coupling. *Agricultural and Forest Meteorology*, *301–302*, 108354. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.1083>. EDN: <https://elibrary.ru/NUXYBI>
24. Zhang, W., Ge, Z., Li, S., Tan, L., Zhou, K., Li, Y., Xie, L., & Dai, Z. (2022). The role of seasonal vegetation properties in determining the wave attenuation capacity of coastal marshes: Implications for building natural defenses. *Ecological Engineering*, *175*, 106494. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106494>. EDN: <https://elibrary.ru/GUGVBO>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Рожкова-Тимина Инна Олеговна, кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет

ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация
inna.timina@mail.ru

Павлов Максим Викторович

ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет

ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация

Горбунов Алексей Олегович, кандидат географических наук

ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет; ФГБУН

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация; ул. Науки, 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022, Российская Федерация

Уба Алексей Владимирович

ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет; ФГБУН

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация; ул. Науки, 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022, Российская Федерация

Левицкий Александр Игоревич

*ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет; ФГБУН
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация;
ул. Науки, 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022, Российская Федерация*

Кораблев Олег Андреевич

*ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет
ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация*

Афанасьев Виктор Викторович, доктор географических наук

*ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет; ФГБУН
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск, 693020, Российская Федерация;
ул. Науки, 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022, Российская Федерация*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Inna O. Rozhkova-Timina, PhD in Biology

*Sakhalin State University
290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation
inna.timina@mail.ru*

Maxim V. Pavlov

*Sakhalin State University
290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation*

Aleksey O. Gorbunov, PhD in Geography

*Sakhalin State University; Institute of Marine Geology and Geophysics
290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation; 1B,
Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russian Federation*

Aleksey V. Uba

*Sakhalin State University; Institute of Marine Geology and Geophysics
290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation; 1B,
Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russian Federation*

Aleksandr I. Levitsky

*Sakhalin State University; Institute of Marine Geology and Geophysics
290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation; 1B,
Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russian Federation*

Oleg A. Korablev*Sakhalin State University**290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation***Viktor V. Afanas'ev**, Doctor of Geographic Sciences*Sakhalin State University; Institute of Marine Geology and Geophysics**290, Lenin Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation; 1B,**Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russian Federation*

Поступила 20.02.2025

После рецензирования 29.04.2025

Принята 19.05.2025

Received 20.02.2025

Revised 29.04.2025

Accepted 19.05.2025