научный электронный журнал
ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

https://ecopri.ru **https://petrsu.ru**

Издатель
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

https://ecopri.ru

2025

Главный редактор
А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

Редакционная коллегия

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
B. Krasnov
A. Gugołek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции
185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.
E-mail: ecopri@petrsu.ru
https://ecopri.ru

12+

© ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

научный электронный журнал ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

https://ecopri.ru **https://petrsu.ru**

УДК 574.4(571.63)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОТРОПЫ «СЕДАНКА» (Г. ВЛАДИВОСТОК)

КИСЕЛЁВА Алёна Геннадьевна	*кандидат биологических наук, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (г. Владивосток, ул. Радио, 7), alena_kiseleva@mail.ru*
ПШЕНИЧНИКОВА Нина Фёдоровна	*кандидат биологических наук, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (г. Владивосток, ул. Радио, 7), n.f.p@mail.ru*
РОДНИКОВА Илона Мироновна	*кандидат биологических наук, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (г. Владивосток, ул. Радио, 7), rodnikova_ilona@mail.ru*
ЮРЧЕНКО Светлана Григорьевна	*кандидат географических наук, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (г. Владивосток, ул. Радио, 7), yurchenko@tigdvo.ru*

Ключевые слова:
растительность, лишайники, почвы, экотропа, пихтовые леса, ртуть, хвоя, Владивосток.

Аннотация. Экологические тропы предназначены для экопросвещения, рационального природопользования, охраны биогеоценозов, оздоровительных и туристических прогулок. Для сохранения биоразнообразия экосистем полуострова Муравьёв-Амурский г. Владивостока предлагается создание экотропы «Седанка». В работе проведено исследование разработанного маршрута. Работа нацелена на оценку геоэкологического состояния экотропы по показателям почвенно-растительного и лишайникового покровов, лесистости, антропогенно изменённым территориям и содержанию ртути в хвое пихты цельнолистной (для оценки состояния воздуха). Семь участков тропы были исследованы в 2024 году, они отражают разную степень антропогенной нарушенности территории и смену экосистем. Мёртвопокровные дубняки сменяются на широколиственные, пихтово-широколиственные и низкорослые леса. В почвенном покрове тропы преобладают бурозёмы типичные маломощные сильно скелетные, на крутых склонах эродированные. По высокому содержанию ртути в хвое 25.4 нг/г выделен участок более антропогенно изменённой территории и близко расположенной к застройкам. На удалённом от поселения участке более низкое значение ртути в хвое в 10.6 нг/г. По сравнению с другими районами на тропе обнаружено наибольшее содержание ртути в хвое 32.3 нг/г (среднее значение), чем в посёлке Трудовом 21.5 нг/г и на острове Русский 30.4 нг/г. По данным лихеноиндикации на тропе сохранились участки, поддерживающие более высокое видовое разнообразие по сравнению с окружающей территорией. Проведено сравнение почвенно-растительного покрова экотропы и прилегающей территории Ботсада. Показатели лесистости выше на экотропе 81%. Территория Ботсада имеет такую же степень антропогенно изменённых территорий, что и экотропа 65-70%. Рациональное природопользование в зоне экотропы будет способствовать охране коренных пихтово-широколиственных лесов и природных экосистем.

© Петрозаводский государственный университет

Введение

Экологические тропы создаются для минимизации вреда окружающей среде и роста экологической культуры населения. Они выполняют роль экопросвещения (усвоение информации и норм поведения), охраны природы (снижение рекреационных нагрузок, биомониторинг), рекреации (активный отдых). Экотропа – это обустроенный информационный пешеходный маршрут, охватывающий различные биоценозы, ландшафты и места, представляющие культурно-историческую ценность. В России насчитывается около трехсот экологических троп, которые классифицируются по разным критериям: по длине маршрута или его продолжительности; по типу траектории (линейные, полукольцевые, кольцевые и радиальные); по типу рельефа и сложности ландшафтов; биоразнообразию, культурному наследию; по назначению (познавательно-прогулочные, познавательно-туристические и учебные) (Прокопьев и др., 2018).

Разработанная раннее экологическая тропа «Седанка» г. Владивостока знакомит с основными коренными экосистемами полуострова Муравьёв-Амурский и направлена на природоохранные и рекреационные мероприятия (Киселёва, Пшеничникова, 2024). Территория полуострова облесена на 82% и разнообразна лесной растительностью от монодоминантных лесов ольховых, дубовых, ясеневых до полидоминантных

смешанных лесов мелколиственно-широколиственных, чёрнопихтово-широколиственных и кедрово-широколиственных склонов и речных долин (Прохоренко и др., 1996). Окрестности г. Владивостока и остров Русский в 1860-х годах были покрыты густым строевым чёрнопихтовым лесом. В настоящее время небольшие участки чёрнопихтарников остались лишь в нескольких особо охраняемых природных территориях Приморского края: заповедниках «Уссурийский» и «Кедровая Падь», в нацпарке «Земля леопарда», в Ботаническом саду-институте Дальневосточного отделения РАН и на полуострове Муравьёв-Амурский г. Владивостока. Пихта цельнолистная (*Abies holophylla* Maxim.) – самая крупная хвойная порода Дальнего Востока (высота до 45-55 м, диаметр до 1-2 м, возраст до 200-250 лет) встречается на Российском Дальнем Востоке, в Северо-Восточном Китае и на полуострове Корея (Усенко, 1984; Сосудистные…, 1989).

Природные компоненты, концентрирующие ртуть такие как хвоя, могут использоваться как индикаторы атмосферной эмиссии. Хвоя отражает ртутную нагрузку за ограниченный период времени (5 лет). В приземном слое атмосферного воздуха природные (фоновые) концентрации паров ртути (предельно допустимые концентрации или ПДК) обычно составляют 10-15 нг/м^3 при колебаниях в пределах от 0,5-1 до 20-25 нг/м^3 (Ляпина, 2015). Ртуть относится к элементу первого класса опасности, вездесуща, технофильна, биофильна, супертоксична и суперпатологична даже в очень низких концентрациях. Техногенный круговорот ртути формируется за счёт эмиссий предприятий цветной металлургии, химической и электрохимической промышленности, при сжигании жидкого и твердого топлива, угля как глобального источника загрязнения, от мусоросжигательных установок и крематориев, при использовании ртути для экстрагирования и концентрирования золота, в аккумуляторах, зубной амальгаме, контрольно-измерительных приборах, электрических контрольных устройствах и выключателях, осветительных приборах и в косметических товарах (Микшевич, Ковальчук, 2020; Бутовский, 2024).

Цель работы – провести оценку геоэкологического состояния экотропы «Седанка».

Раннее в наших работах была показана экологическая ситуация г. Владивостока на о-вах Шкота и Русский по содержанию ртути в почвах и листьях граба, дуба, полыни. Сжигание древесины и бытового мусора (в первую очередь полиэтилена), приводит к перераспределению ртути на прилегающих территориях. На островах Русский и Шкота складывается благоприятная экологическая обстановка по содержанию ртути в почвенно-растительном покрове островов. Данные служат как фоновые показатели для биомониторинга (Ганзей и др., 2021).

Материалы

Исследования почвенно-растительного и лишайникового покровов экотропы «Седанка» были проведены в 2024 году. Составлена схема тропы с условными обозначениями (рис. 1). Протяжённость маршрута экотропы «Седанка» составляет 4 км, на котором сменяются экосистемы.

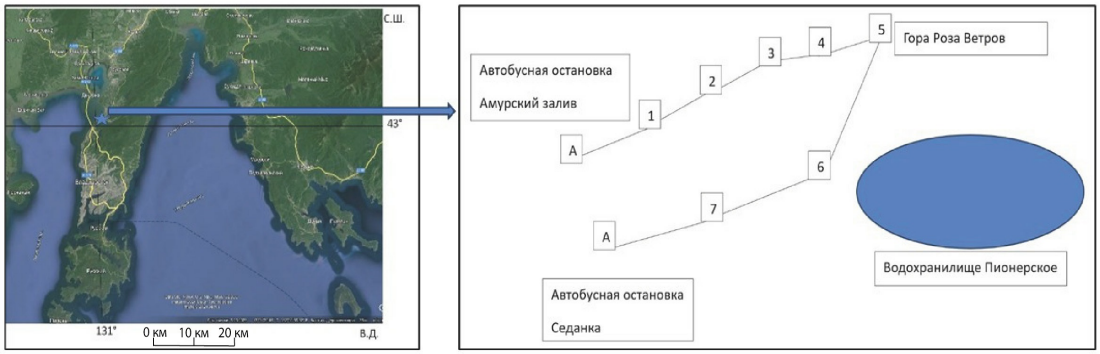

Рис. 1. Картосхема экотропы «Седанка»

Обозначения: *А* – автобусная остановка; *1-7* – участки экотропы
Fig. 1. Map of the Sedanka Ecotrail
Legend: *A* – bus stop; *1-7* – sites of the ecotrail

Участки экотропы «Седанка»: № 1. Дубняк; № 2. Дубово-широколиственный лес; № 3. Чёрнопихтово-широколиственный лес; № 4. Поляна с разреженным широколиственным лесом; № 5. Гора «Роза ветров» с низкорослым широколиственным лесом. № 6. Чёрнопихтарник; № 7. Экстремальная крутая тропа с чёрнопихтово-широколиственным лесом.

Методы

В работе сделаны геоботанические описания по стандартной методике: географическое положение, экспозиция склона, гидрологические условия, тип/подтип почв, видовой состав ярусов, общая сомкнутость крон для деревьев (ОСК), общее проективное покрытие для кустарников и трав (ОПП), высота (пробная площадь 25Х25 м^2). Геоэкологическое состояние определяли по показателям лесистости, степени антропогенного изменения территории, содержанию ртути в хвое пихты цельнолистной, состоянию лишайникового покрова.

Пробы хвои и веток, на которых сидят хвоинки (сборы о-в Русский 2019 г., посёлок Трудовое 2020 г., экотропа «Седанка» 2024 г.), возрастом ±5 лет отбирали методом смешанной пробы с примерно одновозрастных деревьев в нижней части кроны на высоте 1,5-2 м от поверхности земли согласно стандартным методическим указаниям. Высушенную воздушно-сухую хвою и ветки измельчали до однородного состояния. Массовая концентрация общей ртути в пробах измерялась на анализаторе ртути «РА-915М» с пиролитической приставкой «ПИРО-915+», которая позволяет определить ртуть в образцах без предварительной химической обработки. Этот метод основан на термической атомизации содержащейся в пробе ртути в приставке ПИРО-915+ и последующем её определении методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе. Технические возможности анализатора позволяют достичь предела обнаружения 0.5 нг/г. Точность аналитических методов измерения концентраций ртути контролировали при использовании образца хвои и веток СЧТ-3 ГСО 2509-83 (НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия).

Результаты

Экотропа разделена на семь участков. Перепад высот составляет 160 м над ур. моря (рис. 2). В почвенном покрове преобладают бурозёмы типичные маломощные сильно скелетные, на крутых склонах эродированные. На отдельных участках произрастают лекарственные, медоносные, охраняемые виды растений. Общедоступность тропы обеспечена авто- и электротранспортом. Прогулка по тропе имеет оздоровительный, ландшафтно-терапевтический, спортивный, образовательный и научный характер.

Рис. 2. Профиль экологической тропы «Седанка» 1-7 участков
1 – дуб; 2 – широколиственные леса; 3 – пихта
Fig. 2. Profile of the Sedanka ecotrail 1-7 sites
1 – oak; 2 – broadleaf forests; 3 – fir

Дубняки сменяются на чёрнопихтово-широколиственный и низкорослый широколиственный лес (табл. 1). Дубово-широколиственный кустарниково-разнотравный лес сложен из дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fish. ex Turcz.), граба сердцелистного (*Carpinus cordata* Blume), ясеня носолистного (*Fraxinus rhyncophylla* Hance), ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica* Maxim.), клёна ложно-Зибольдова (*Acer pseudosiboldianum* (Pax) Kom.), жимолости раннецветущей (*Lonicera praeflorens* Batal.), леспедецы двуцветной (*Lespedeza bicolor* Turcz.), однопокровницы амурской (*Arisaema amurense* Maxim.), горошка однопарного (*Vicia unijuga* A. Braun) и др. Высота древесного яруса 15 м, ОСК 80%, высота кустарникового яруса 4 м, ОПП 45%, высота травяного яруса 1 м, ОПП 40%.

Пихтово-широколиственный разнокустарниково-травяной лес (чёрнопихтово-широколиственный лес) состоит из пихты цельнолистной (*Abies holophylla*) (фитонцидное), клёна зеленокорый (*Acer tegmentosum* Maxim.), липы амурской (*Tilia amurensis* Rupr.) (медоносное), ильма мелколистного (*Ulmus pumila* L.), калопанакса семилопастного (*Kalopanax septemlobus* (Thunb. ex Murray) Koidz.) (охраняемое), калины Саржента (*Viburnum sargentii* Koehne), орешника маньчжурского (*Corylus mandshurica* Maxim.), бузины кистевой (*Sambucus rasemosa* L.), элеутерококка сидячецветкового (*Eleuterococcus sessiliflorus* (Rupr. et Maxim.) S. Y. Hu) (лекарственное), чубушника тонколистного (*Philadelphus tenuifolius* Rupr. et Maxim.) (медоносное), лабазника гладчайшего (*Filipendula glaberrima* Nakai), какалии копьевидной (*Cacalia hastata* L.), чистоусника азиатского (*Osmundastrum asiaticum* (Fern.) Tagawa), орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), ластовеня заострённого (*Vincetoxicum acuminatum* C.Morren ex Decne.), герани волосистотычинковой (*Geranium eriostemon* Fisch.), колокольчика точечного (*Campanula punctata* Lam.), вороньего глаза мутовчатого (*Paris verticillata* M.Bieb.), волжанки двудомной (*Arunaus dioicus* (Walt.) Fern.), ландыша Кейске (*Convallaria keiskei* Miq.) и др. Высота древесного яруса 20 м, ОСК 90%, высота кустарникового яруса 4 м, ОПП 60%, высота травяного яруса 1,5 м, ОПП 70%.

В низкорослом широколиственном кустарниково-травяном лесу на вершине горы встречаются дуб монгольский (*Quercus mongolica*), ольха японская (*Alnus japonica* (Thunb.) Steud.), берёза даурская (*Betula daurica* Pall.), рододендрон мелколистный (*Rhododendron mucronulatum* Turcz.), полынь (*Artemisia* sp.), лук (*Allium* sp.), гвоздика китайская (*Dianthus chinensis* L.), осока (*Carex* sp.) и др. Высота древесного яруса 2 м,

ОСК 80%, высота кустарникового яруса 1 м, ОПП 45%, высота травяного яруса 0,5 м, ОПП 50%.

Таблица 1. Характеристика участков экотропы «Седанка»

№ участка	Почвенно-растительный покров	Экспозиция склона, высота над уровнем моря, м	Лесистость, %	Антропогенно изменённые территории, %
1	Дубняк мёртвопокровный на бурозёмах типичных маломощных антропогенно эродированых	Ю-З, 71	85	80
2	Дубово-широколиственный кустарниково-разнотравный лес на бурозёмах типичных маломощных антропогенно эродированых	Ю, 99	70	75
3	Чёрнопихтово-широколиственный лес разнокустарниково-травяной лес на бурозёмах типичных	З, 135	90	40
4	Разреженный широколиственный лес на бурозёмах типичных	С-З, 178	65	80
5	Низкорослый широколиственный кустарниково-травяной лес на бурозёмах маломощных сильно скелетных с участками обнажения материнской породы	В, 189	80	60
6	Чёрнопихтарник на бурозёмах оподзоленных маломощных	В, 92	95	60
7	Чёрнопихтово-широколиственный лес разнокустарниково-травяной лес на бурозёмах типичных	Ю-В, 17	85	60

Исследованы участки восточной части Ботсада, прилегающие к экотропе «Седанка»: № 1. Дубняк; № 2. Дубняк с пихтой; № 3. Чёрнопихтово-широколиственный лес; № 4. Широколиственный лес; № 5. Широколиственный кустарниково-травяной лес; № 6. Чёрнопихтово-широколиственный разнокустарниково-травяной лес; № 7. Широколиственный лес (табл. 2). Дубняки сменяются на чёрнопихтово-широколиственный и широколиственный лес: дуб монгольский (*Quercus mongolica*), пихта цельнолистная (*Abies holophylla*), клён ложно-Зибольдова (*Acer pseudosiboldianum*), элеутерококк сидячецветковый (*Eleuterococcus sessiliflorus*), берёза даурская (*Betula daurica*), ильм мелколистный (*Ulmus pumila*), конский каштан (*Aesculus glabra* Willd.) (посадки), аралия высокая (*Aralia elata* (Miq.) Seem.), калапанакс семилопастной (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.), граб сердцелистный (*Carpinus cordata*), липа амурская (*Tilia amurensis*), клён зеленокорый (*Acer tegmentosum*), ясень носолистный (*Fraxinus rhyncophylla*) (подрост); леспедеца двуцветная (*Lespedeza bicolor*), жимолость раннецветущая (*Lonicera praeflorens*), калина Саржента (*Viburnum sargentii*), лещина маньчжурская (*Coryilus mandshurica*), рододендрон мелколистный (*Rhododendron mucronulatum*), астра татарская (*Aster tataricus* Turcz.), какалия копьевидная (*Cacalia hastata*) и др. Внеярусная растительность: лунносемянник даурский (*Menispermum dauricum* DC.). Высота древесного яруса 20 м, ОСК 85%, высота кустарникового яруса 1,5 м, ОПП 40%, высота травяного яруса 0,8 м, ОПП 30%.

Таблица 2. Характеристика участков Ботсада

№ участка	Почвенно-растительный покров	Экспозиция склона, высота над уровнем моря, м	Лесистость, %	Антропогенно изменённые территории, %
1	Дубняк на бурозёмах типичных маломощных антропогенно эродированых	Ю, 83	85	80
2	Дубняк с пихтой цельнолистной на бурозёмах типичных маломощных антропогенно эродированных	Ю-В, 90	60	65
3	Чернопихтово-широколиственный лес на бурозёмах оподзоленных маломощных	З, 145	80	60
4	Широколиственный лес на бурозёмах типичных	Ю-В, 185	50	75
5	Широколиственный кустарниково-травяной лес на бурозёмах типичных маломощных	В, 190	60	75
6	Чёрнопихтово-широколиственный разнокустарниково-травяной лес на бурозёмах оподзоленных маломощных	С-В, 102	80	75
7	Широколиственный лес на бурозёмах типичных	С-З, 65	85	60

Обсуждение

Территория экотропы имеет более высокие показатели лесистости 81%, чем прилегающая территория Ботсада 69%. Показатели антропогенно изменённых территорий близки по значению: на экотропе 65% и в Ботсаду 70% (рис. 3).

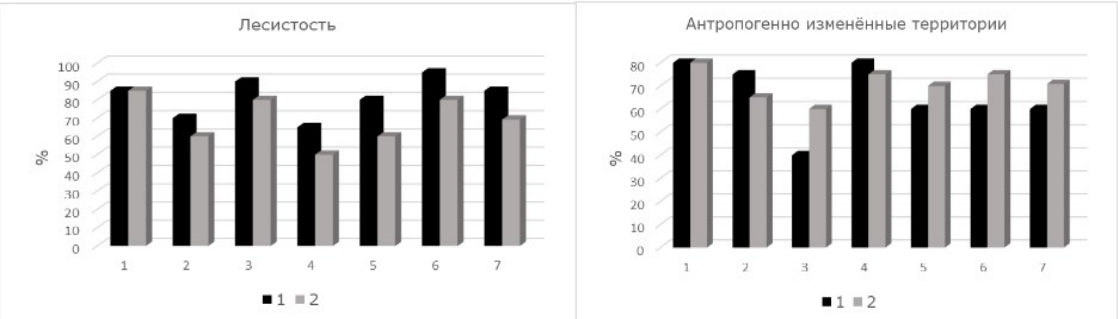

Рис. 3. Показатели лесистости и антропогенно изменённых территорий экотропы «Седанка» и прилегающего участка Ботсада

1 – экотропы «Седанка»; 2 – прилегающий участок Ботсада

Fig. 3. Indicators of forest cover and anthropogenically transformed areas of the Sedanka ecotrail and the adjacent area of the Botanical Garden

1 – Sedanka ecotrail; 2 – the adjacent area of the Botanical Garden

Лихеноиндикационные исследования выявили небогатое видовое разнообразие лишайников на исследованных участках. Общий список составляет 22 вида. На экотропе «Седанка» выявлено 17 видов эпифитных лишайников, на прилегающей территории Ботсада – 21 вид. Среди жизненных форм 13 принадлежат листоватым видам и 9 накипным. Почти все виды являются устойчивыми к антропогенному воздействию. На всех участках присутствуют виды с угнетённым жизненным состоянием. Всё это говорит о наличии значительного антропогенного влияния на

территории в целом. На экотропе «Седанка» участки, характеризующиеся наименьшим видовым разнообразием лишайников и низким проективным покрытием, а также худшим жизненным состоянием – 1, 2, 7. На участках 3 и 5 наблюдается наиболее высокое видовое разнообразие и покрытие. На территории Ботсада наибольшее богатство видов лишайников, высокое проективное покрытие и лучшее жизненное состояние отмечено на участках 5 и 6. На остальных участках показатели средние. Наиболее распространенными видами являются *Phaeophyscia hispidula* (Ach.) Moberg, *Myelochroa aurulenta* (Tuck.) Elix & Hale, *Opeltia flavorubescens* (Huds.) S.Y. Kondr. & Hur. Редко встречаются виды родов *Collema, Graphis, Pertusaria*.

Показатели содержания ртути в хвое пихты о-ва Русский, посёлка Трудовое и экотропы «Седанка» варьируют от 10.6 до 45.3 нг/г. По средним показателям наименьшее содержание ртути в посёлке Трудовом 21.5 нг/г, среднее значение на о-ве Русский 30.4 нг/г и наибольшее на экотропе Седанка 32.3 нг/г (рис. 4). Превышают ПДК значения на острове Русский и экотропе, как наиболее приближённые густонаселённой территории г. Владивостока. На участке 3 экотропы более высокое содержание ртути в хвое по среднему значению 25.4 нг/г, чем на участке 6 – 10.6 нг/г, так как участок 6 находятся в наименее атропогенной и более залесённой восточной территории (рис. 5). На участке 6 отмечается большое значение стандартного отклонения (рис. 6) из-за разброса данных.

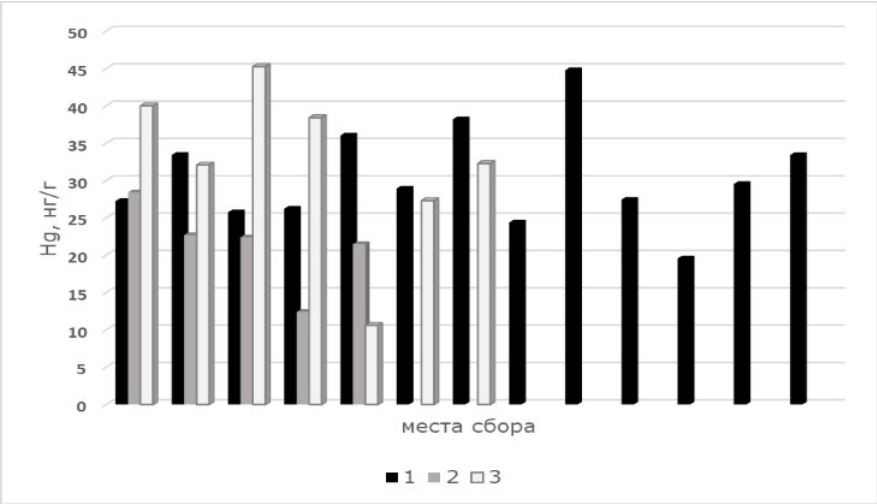

Рис. 4. Содержание ртути в хвое пихты цельнолистной в районах исследования
1 – остров Русский; 2 – п. Трудовое; 3 – экотропа «Седанка
Fig. 4. Mercury content in the needles of*Abies holophilla* in the study areas
1 – Russky island; 2 – v. Trudovoe; 3 – Sedanka ecotrail

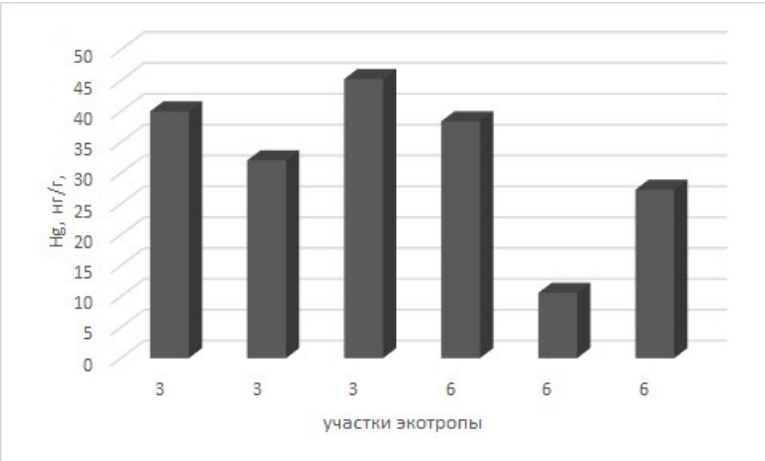

Рис. 5. Содержание ртути в хвое пихты цельнолистной на участках 3 и 6

экотропы «Седанка»

Fig. 5. Mercury content in the needles of*Abies holophilla* in sites 3 and 6 of the Sedanka ecotrail

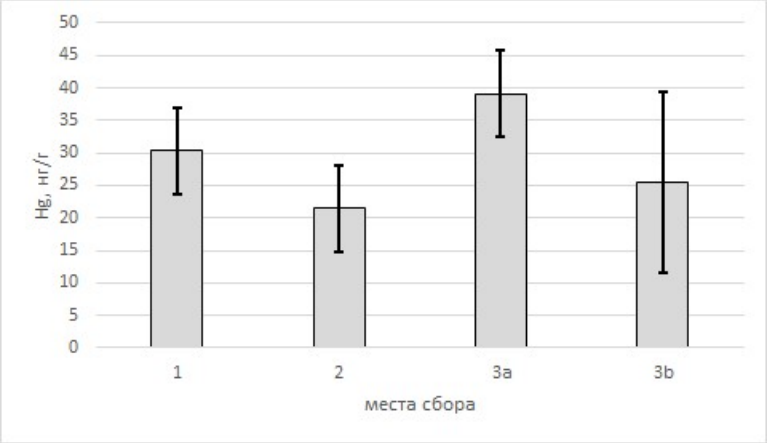

Рис. 6. Средние показатели концентрации ртути в хвое со стандартными отклонениями

1 – остров Русский; 2 – п. Трудовое; 3 – экотропа «Седанка (3a –3 участок, 3b – 6 участок)

Fig. 6. Average mercury concentrations in needles with standard deviations

1 – Russky island; 2 – v. Trudovoe; 3 – Sedanka ecotrail (3a –3 site, 3b – 6 sites)

Биоиндикация экологического состояния воздуха по показателям ртути в хвое сосны в Алтайском крае выявила наибольшую среднюю концентрацию 20 нг/г, среднюю – 13 нг/г на торфяных месторождениях Томской области и в Республике Бурятия, наименьшую – 12 нг/г в Иркутской области (Шворнева и др., 2017). Показатели г. Владивостока более выше и указывают на загрязнённость атмосферного воздуха. Анализ содержания ртути в ветках, на которых крепятся хвоинки, выявил меньшее накопление ртути: наименьшая средняя концентрация ртути в п. Трудовое 10.5 нг/г, средние значения на тропе «Седанка» 13.9 нг/г, наибольшая средняя концентрация на о-ве Русский 18.8 нг/г (рис. 7).

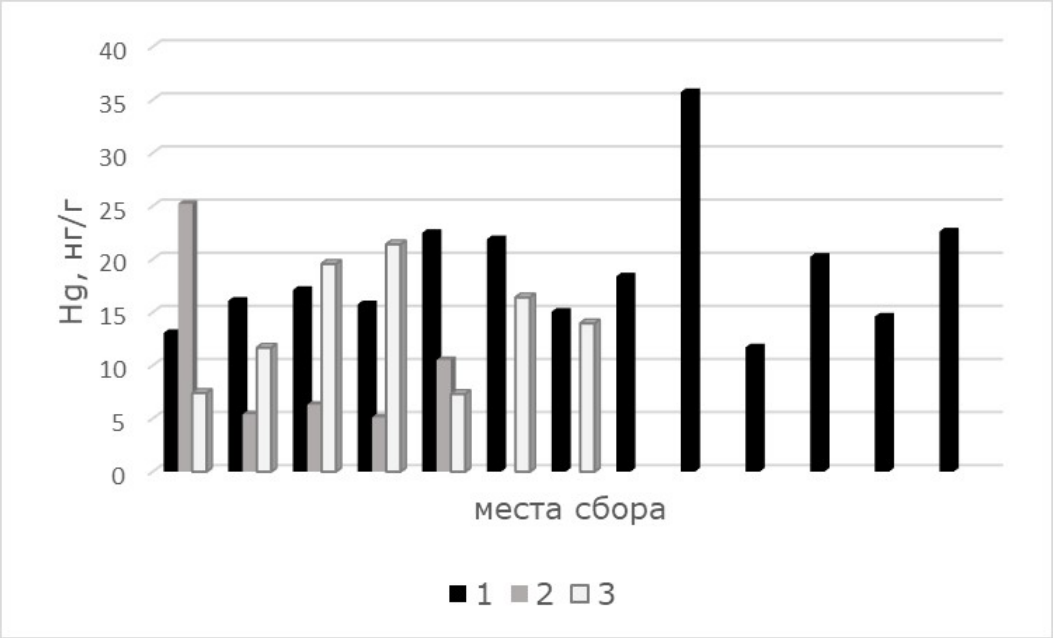

Рис. 7. Содержание ртути в ветках пихты цельнолистной в районах исследования

1 – остров Русский; 2 – п. Трудовое; 3 – экотропа «Седанка

Fig. 6. Mercury content in the branches of*Abies holophilla* in the study areas

1 – Russky island; 2 – v. Trudovoe; 3 – Sedanka ecotrail

По средним показателям содержания ртути, полученных раннее для граба сердцелистного (*Carpinus cordata*) – 26.3 нг/г, дуба монгольского (*Quercus mongolica*) – 24.5 нг/г, полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm.) – 9.1 нг/г (Ганзей и др., 2021), можно сказать, что в хвое по среднему содержанию 29.3 нг/г накапливается чуть больше ртути, потому что она находится на дереве пихты более 5 лет и потом только опадает, в отличие от листьев дуба, граба и полыни, которые отмирают осенью. Эти концентрации ртути близки по значениям и будут служить фоновыми для дальнейшего биомониторинга.

Заключение

В результате геоэкологических исследований, проведённых на экотропе «Седанка», получены данные по видовому составу растительности и лишайников, типу/подтипу почв, содержанию ртути в хвое и веточках пихты цельнолистной. По средним показателям наибольшее содержание ртути в хвое на экотропе 32.3 нг/г., чем в посёлке Трудовом 21.5 нг/г и на о-ве Русский 30.4 нг/г, так как этот район наиболее приближен к г. Владивостоку. На участке 3 экотропы более высокое содержание ртути в хвое по среднему значению 25.4 нг/г, чем на участке 6 (10.6 нг/г), что связано с более близким нахождением к автотрассе и урбанизированным местам. Веточки накапливают меньше ртути, чем хвоя, наименьшая концентрация в п. Трудовое 10.5 нг/г, средние значения на тропе «Седанка» 13.9 нг/г, а наибольшая концентрация на о-ве Русский 18.8 нг/г. В сравнении с территорией Ботсада экотропа отличается большей лесистостью, но почти одинаковыми площадями антропогенно изменённых территорий. Согласно данным лихеноиндикации на данной антропогенно измененной территории присутствуют отдельные участки (3, 5), сохранившие большее биоразнообразие на участках, а наименьшее видовое разнообразие лишайников, низкое проективным покрытие и худшее жизненное состояние наблюдается на участках 1, 2, 7 (близкие к поселению). Экотропа необходима для сохранения биоразнообразия, коренных чёрнопихтарников, охраняемых, лекарственных и медоносных растений и проведения биомониторинга экосистем.

Библиография

Бутовский Р.О. Загрязнение ртутью окружающей среды Мурманской области // Охрана окружающей среды и заповедное дело. 2024. Том 5. № 2 (14). С. 52–65.

Ганзей К.С., Пшеничникова Н.Ф., Киселёва А.Г., Юрченко С.Г., Родникова И.М. Содержание ртути в почвенно-растительном покрове островов Русский и Шкота (залив Петра Великого, Приморский край) / / Геохимия. 2021. Т. 66. № 5. С. 473-480. DOI: 10.31857/S0016752521030043

Киселёва А.Г., Пшеничникова Н.Ф. Экологическая тропа «Седанка» в пригороде Владивостока // Научное обозрение. Биологические науки. 2024. № 3. С. 37-41. URL: https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1372 (дата обращения: 24.09.2024). DOI: 10.17513/srbs.1372.

Ляпина Е.Е. Геоэкологические особенности ртутной нагрузки на территорию Томской области по данным биомонниторинговых исследований / / Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-2. С. 272.

Микшевич Л.А., Ковальчук Н. В. Тяжёлые металлы и экологическая безопасность человека (свинец, ртуть, кадмий): учебное пособие / Уральский государственный педагогический университет; Институт экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург: , 2020. 92 с.

Прокопьев А.С., Чернова О.Д., Гришаева Е.С., Мачкинис Е.Ю., Титова К.Г., Ямбуров М.С., Лукьянова М.Г., Лысакова Е.Н., Коновалова А.М., Агафонова Г.И. Экологическая тропа: обустройство и назначение . Учебно-методическое пособие. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. 133 с.

Прохоренко Н.Б. Флористическая классификация лесов полуострова Муравьёв-Амурский // Комаровские чтения. 1996. Вып. XLII. С. 79–100.

Шворнева Е.В., Ляпина Е.Е., Воропай Н.Н. Содержание и особенности накопления

ртути в хвое сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.) // Двенадцатое Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. Тезисы докладов российской конференции / Под ред. М.В. Кабанова. 2017. С. 183-184.

Сосудистые растения Дальнего Востока / Под ред. С.С. Харкевич. СПб.: Наука, 1989. Т. 4. 380 с.

Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. . Хабаровское книжное издательство, 1984. 272 с.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша-океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (тема № 125021302113-3).

GEOECOLOGICAL STATE OF THE ECOTRAIL «SEDANKA» (VLADIVOSTOK)

KISELYOVA Alyona Gennadevna — *Candidate of Biological Sciences, Pacific georafical institute FEB RAS (Vladivostok, Radio st., 7), alena_kiseleva@mail.ru*

PSHENICHNIKOVA Nina Fyodorovna — *Candidate of Biological Sciences, Pacific georafical institute FEB RAS (Vladivostok, Radio st., 7), n.f.p@mail.ru*

RODNIKOVA Ilona Mironovna — *Candidate of Biological Sciences, Pacific georafical institute FEB RAS (Vladivostok, Radio st., 7), rodnikova_ilona@mail.ru*

YURCHENKO Svetlana Grigorevna — *Candidate of Geographical Sciences, Pacific georafical institute FEB RAS (Vladivostok, Radio st., 7), yurchenko@tigdvo.ru*

Keywords: vegetation, lichens, soils, ecotrail, fir forests, mercury, pine needles, Vladivostok.

Summary: Ecotrails are intended for environmental education, rational use of natural resources, protection of biogeocenoses, health and tourist walks. To preserve the biodiversity of the ecosystems of the Muravyov-Amursky Peninsula of Vladivostok, we propose to create Sedanka ecotrail. The article describes a study of the developed route. The work assesses the geoecological state of the ecotrail by indicators of soil and vegetation, lichen cover, forest cover, anthropogenically transformed areas and the content of mercury in the needles of the fir tree (for the assessment of the air quality). Seven sites of the trail were studied in 2024, they reflect different degrees of anthropogenic disturbance of the territory and the change of ecosystems. Dead-cover oak forests are replaced by broad-leaved, fir-broad-leaved, and low-growing forests. The soil cover of the trail is dominated by typical low-power, strongly skeletal burosems, and eroded burosems on steep slopes. A more anthropogenically transformed area which is close to buildings have been identified based on the high mercury content in the needles, which is 25.4 ng/g. A lower value of mercury in the needles (10.6 ng/g.) is at the remote from the settlement site. Compared to other areas, the trail found the highest content of mercury in the needles (32.3 ng/g - average value), than in Trudovoy village (21.5 ng/g) and on Russkiy island (30.4 ng/g). According to lichenindication data, the trail has preserved areas that support higher species diversity compared to the surrounding area. A comparison was made between the soil and vegetation cover of the ecotrail and the adjacent area of the Botanical Garden. The ecotrail has a higher percentage of forest cover (81%). The Botanical Garden has a similar degree of anthropogenic transformed area, with 65-70%. Sustainable management of the ecotrail area will contribute to the protection of native fir-broadleaved forests and natural ecosystems.