



Издатель

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

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 4 (58). Декабрь, 2025

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапирос
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. Н. Якимов
А. В. Сонина

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, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>



© ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

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 Муравьев-Амурский г. Владивостока предлагаются 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 измененным территориям и содержанию ртути в хвое пихты цельнолистной (для оценки состояния воздуха). Семь участков тропы были исследованы в 2024 г., они отражают разную степень антропогенной нарушенности территории и смену экосистем. Мертвопокровные дубняки сменяются на широколиственные, пихтово-широколиственные и низкорослые леса. В почвенном покрове тропы преобладают буроземы типичные маломощные сильно скелетные, на крутых склонах эродированные. По высокому содержанию ртути в хвое 25.4 нг/г выделен участок более антропогенно измененной территории и близко расположенной к застройкам. На удаленном от поселения участке более низкое значение ртути в хвое (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 поселке 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 измененных территорий, что и экотропа (65–70 %). Рациональное природопользование в зоне экотропы будет способствовать охране коренных пихтово-широколиственных лесов и природных экосистем.

© Петрозаводский государственный университет
Рецензент: Л. В. Кубрина

Получена: 14 июля 2025 года

Подписана к печати: 10 декабря 2025 года

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: длине маршрута или его продолжительности; типу траектории (линейные, полу-кольцевые, кольцевые и радиальные); типу рельефа и сложности ландшафтов; биоразнообразию; культурному наследию; назначению (познавательно-прогулочные, познавательно-туристические и учебные) (Прокопьев и др., 2018).

Разработанная ранее экологическая тропа «Седанка» г. Владивостока знакомит с основными коренными экосистемами полуострова Муравьев-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 мелколиственno-широколиственных, чернопихтово-широколиственных и кедрово-широколиственных склонов и речных долин (Прохоренко и др., 1996). Окрестности г. Владивостока и остров Русский в 1860-х гг. были покрыты густым строевым чернопихтовым лесом. В настоящее время небольшие участки чернопихтарников 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 Муравьев-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; Сосудистые растения..., 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/м³ при колебаниях в пределах от 0.5–1 до 20–25 нг/м³ (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 счет 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».

Ранее в наших работах была показана экологическая ситуация в г. Владивостоке, на островах 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. Данные показатели служат фоновыми для биомониторинга (Ганзей и др., 2021).

Материалы

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

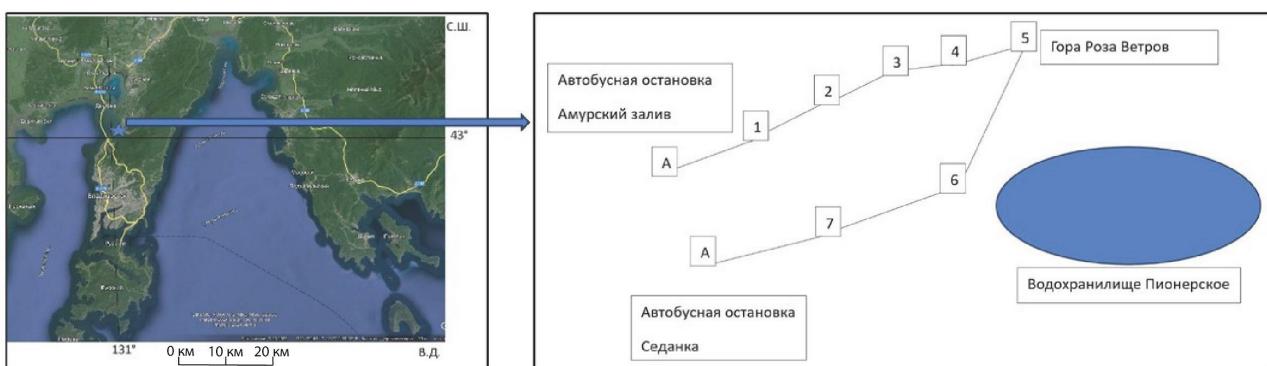


Рис. 1. Картосхема экотропы «Седанка»: А – автобусная остановка; 1–7 – участки экотропы

Fig. 1. Cartography of the Sedanka Ecotrail: A – bus stop; 1–7 – sections of the ecotrail

Участки экотропы «Седанка»: № 1. Дубняк; № 2. Дубово-широколиственный лес; № 3. Чернопихтово-широколиственный лес; № 4. Поляна с разреженным широколиственным лесом; № 5. Гора «Роза ветров» с низкорослым широколиственным лесом. № 6. Чернопихтарник; № 7. Экстремальная крутая тропа с чернопихтово-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 25 x 25 м²). 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: остров Русский, 2019 г., поселок 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 ее 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. Пеперад высот составляет 160 м над ур. моря (рис. 2). В почвенном покрове преобладают буровозмы 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.

Дубняки сменяются на чернопихтово-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), ясения носолистного (*Fraxinus rhyncophylla* Hance), ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica* Maxim.), клена ложнозибольдова (*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 %.

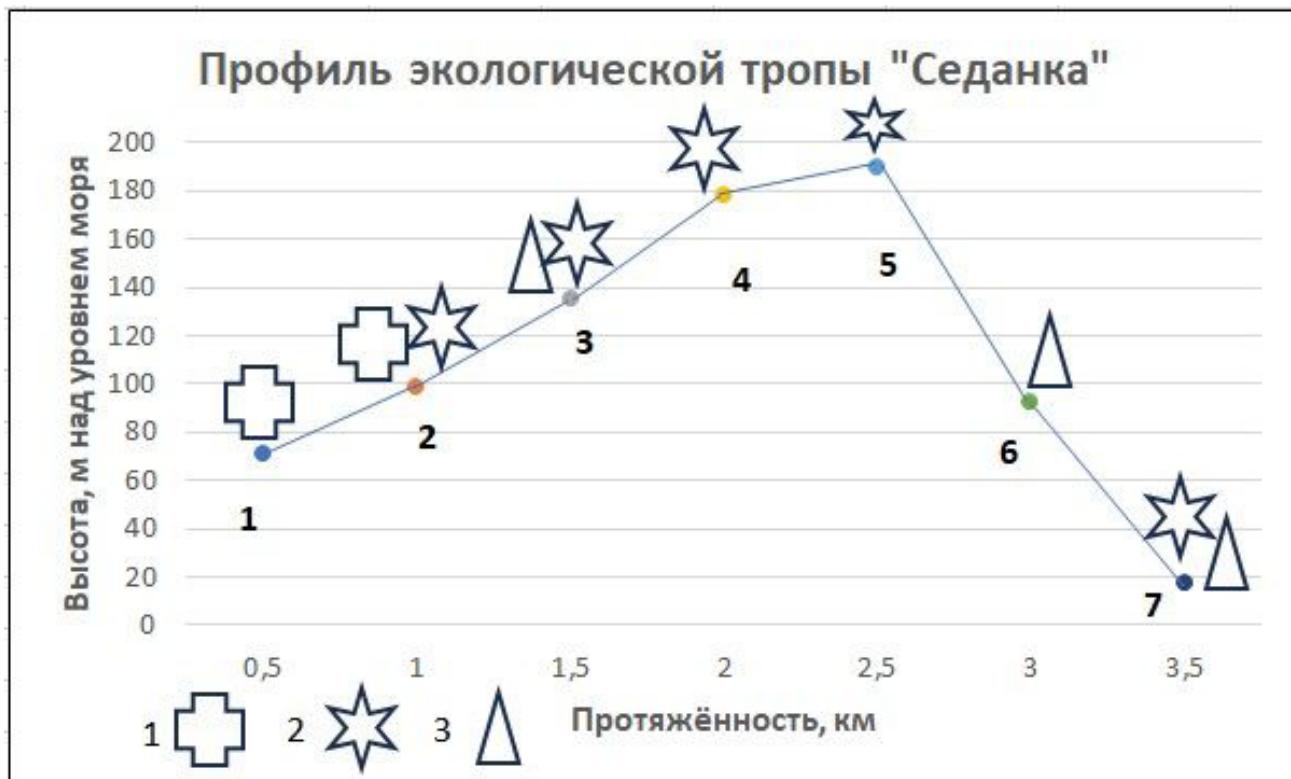


Рис. 2. Профиль экологической тропы «Седанка» 1–7 участков: 1 – дуб; 2 – широколиственные леса; 3 – пихта

Fig. 2. Profile of the Sedanka ecotrail, 1–7 sections: 1 – oak; 2 – broad-leaf forests; 3 – fir

Пихтово-широколиственный разнокустарниково-травяной лес (чернопихтово-широколиственный лес) состоит из пихты цельнолистной (*Abies holophylla*) (фитонцидное), клена зеленокорого (*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 racemosa* L.), элеутерококка сидячеветкового (*Eleuterococcus sessiliflorus* (Rupr. et Maxim.) S. Y. Hu) (лекарственное), чубушника тонколистного (*Philadelphus tenuifolius* Rupr. et Maxim.) (медоносное), лабазника гладчайшего (*Filipendula glaberrima* Nakai), какалии копьевидной (*Calathea hastata* L.), чистоусника азиатского (*Osmundastrum asiaticum* (Fern.) Tagawa), орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), ластовеня заостренного (*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

(*Arunaas 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.), береза 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, ОП 50 %. Исследованы участки восточной части Ботсада, прилегающие к экотропе «Седанка»: № 1. Дубняк; № 2. Дубняк с пихтой; № 3. Чернопихтово-широколиственный лес; № 4. Широколиственный лес; № 5. Широколиственный кустарниково-травяной лес; № 6. Чернопихтово-широколиственный разнокустарниково-травяной лес; № 7. Широколиственный лес (табл. 2). Дубняки сменяются на чернопихтово-широколиственный и широколиственный лес: дуб монгольский (*Quercus mongolica*), пихта цельнолистная

Таблица 1. Характеристика участков экотропы «Седанка»

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

(*Abies holophylla*), клен ложнозибольдов (*Acer pseudosibolianum*), элеутерококк сидячекветковый (*Eleutherococcus sessiliflorus*), береза 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*), клен зеленокорый (*Acer tegmentosum*), ясень носолистный (*Fraxinus rhyncophylla*) (подрост); леспедеца двуцветная (*Lespedeza bicolor*), жимолость раннецветущая (*Lonicera praeflorens*), калина Саржента (*Viburnum sargentii*), лещина маньчжурская (*Corylus mandshurica*), рододендрон мелколистный (*Rhododendron mucronulatum*), астра татарская (*Aster tataricus* Turcz.), какалия копьевидная (*Calathea hastata*) и др. Внекорневая 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 %.

Обсуждение

Территория экотропы имеет более высокие показатели лесистости (81 %), чем при-

легающая территория Ботсада (69 %). Показатели антропогенно измененных территорий близки по значению: на экотропе (65 %) и в Ботсаду (70 %) (рис. 3).

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 угнетенным жизненным состоянием. Все это говорит о наличии значительного антропогенного влияния на территорию 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.

Таблица 2. Характеристика участков Ботсада

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

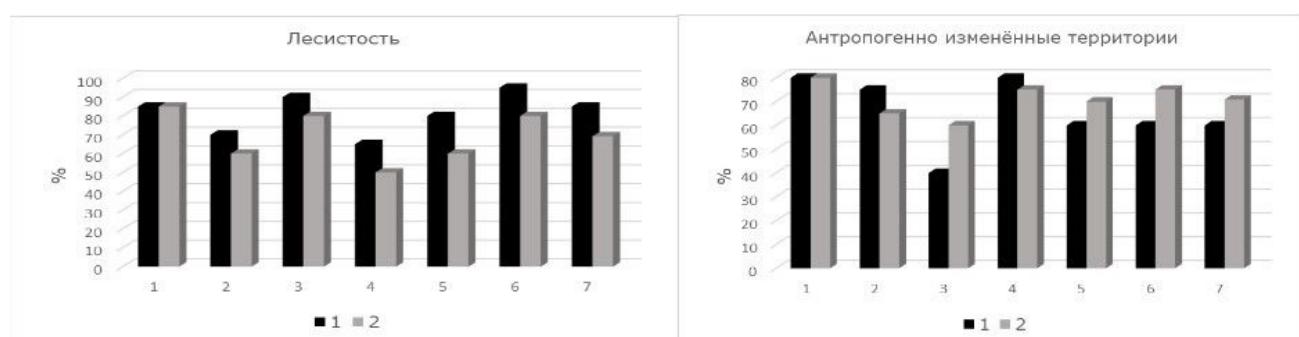


Рис. 3. Показатели лесистости и антропогенно измененных территорий экотропы «Седанка» и прилегающего участка Ботсада: 1 – экотропа «Седанка»; 2 – прилегающий участок Ботсада

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

Наиболее распространенными видами являются *Phaeophyscia hispidula* (Ach.) Moberg, *Myelochroa aurulenta* (Tuck.) Elix & Hale, *Opertia flavorubescens* (Huds.) S. Y. Kondr. & Hur. Редко встречаются виды родов *Collema*, *Graphis*, *Pertusaria*.

Показатели содержания ртути в хвое пихты острова Русский, поселка Трудовое и экотропы «Седанка» варьируют от 10.6 до 45.3 нг/г. По средним показателям наименьшее содержание ртути в поселке Трудовом (21.5 нг/г), среднее значение на острове 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 приближенные к густонаселенной 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), т.к. участок 6 находится в наименее антропогенной и более залесенной восточной территории (рис. 5). На участке 6 отмечается большое значение стандартного отклонения (рис. 6) из-за разброса данных.

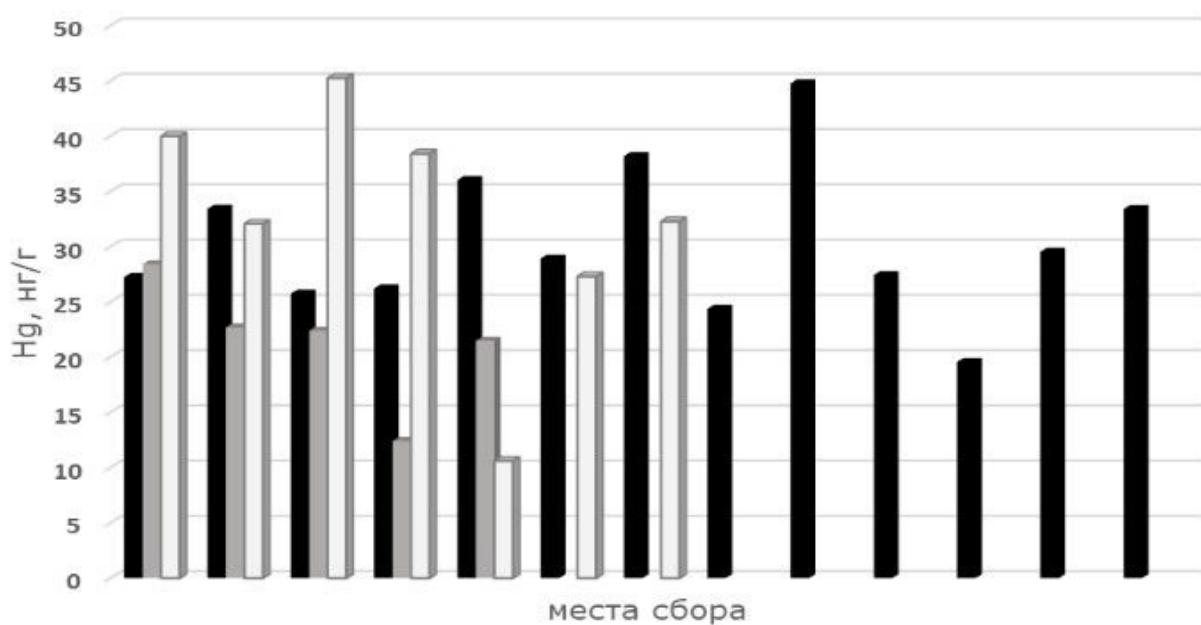


Рис. 4. Содержание ртути в хвое пихты цельнолистной в районах исследования: 1 – остров Русский; 2 – поселок Трудовое; 3 – экотропа «Седанка»

Fig. 4. Mercury content in the needles of *Abies holophylla* in the study areas: 1 – Russky island; 2 – v. Trudovoe; 3 – Sedanka ecotrail

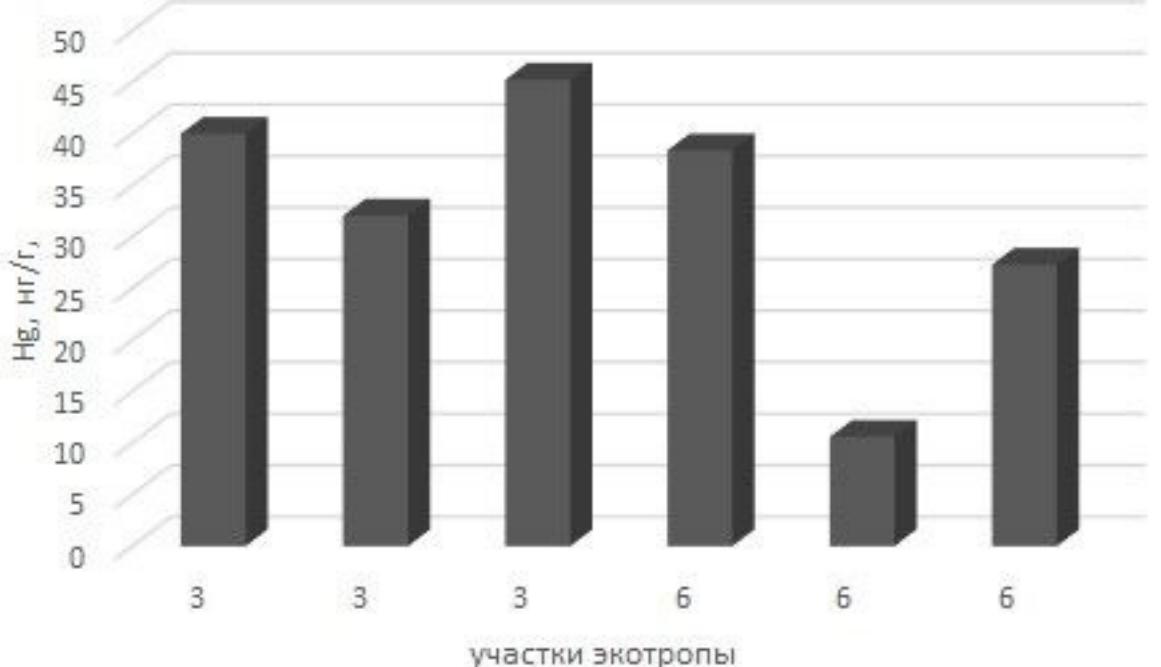


Рис. 5. Содержание ртути в хвое пихты цельнолистной на участках 3 и 6 экотропы «Седанка»

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

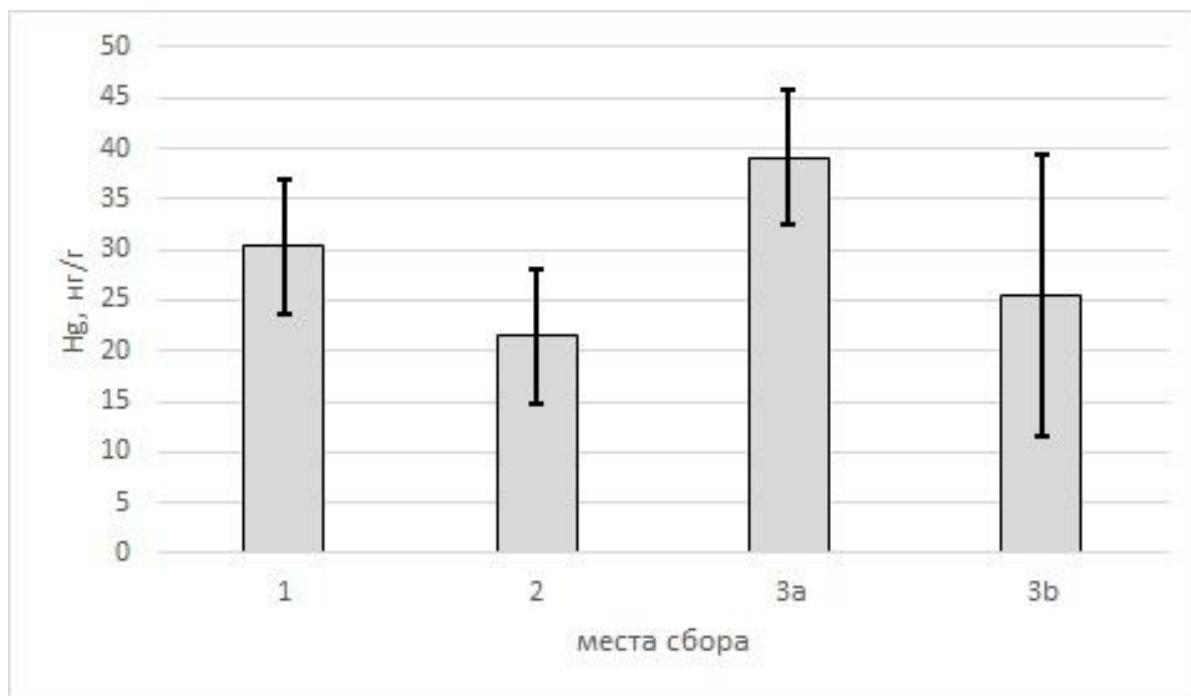


Рис. 6. Средние показатели концентрации ртути в хвое со стандартными отклонениями: 1 – остров Русский; 2 – поселок Трудовое; 3 – экотропа «Седанка» (3а – 3-й участок, 3б – 6-й участок)

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 $\text{нг}/\text{г}$), среднюю (13 $\text{нг}/\text{г}$) – на торфяных месторождениях Томской области и в Республике Бурятия, наименьшую (12 $\text{нг}/\text{г}$) – в Иркутской области (Шворнева и др., 2017). Показатели г. Владивостока более высокие и указывают на загрязненность атмосферного воздуха. Анализ содержания ртути в ветках, на которых крепятся хвоинки, выявил меньшее накопление ртути: наименьшая средняя концентрация ртути в п. Трудовое (10.5 $\text{нг}/\text{г}$), средние значения на тропе «Седанка» (13.9 $\text{нг}/\text{г}$), наибольшая средняя концентрация на острове Русский (18.8 $\text{нг}/\text{г}$) (рис. 7).

По средним показателям содержания ртути, полученным ранее для граба сердцелистного (*Carpinus cordata*) – 26.3 $\text{нг}/\text{г}$, дуба монгольского (*Quercus mongolica*) – 24.5 $\text{нг}/\text{г}$, полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm.) – 9.1 $\text{нг}/\text{г}$ (Ганзей и др., 2021), можно сказать, что в хвое по среднему содержанию 29.3 $\text{нг}/\text{г}$ накапливается чуть больше ртути, потому что она находится на дереве пихты более 5 лет и лишь затем 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, проведенных 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 большее содержание ртути в хвое на экотропе (32.3 $\text{нг}/\text{г}$), чем в поселке Трудовом (21.5 $\text{нг}/\text{г}$) и на острове Русский (30.4 $\text{нг}/\text{г}$), т.к. этот район наиболее приближен к г. Владивостоку. На участке 3 экотропы более высокое содержание ртути в хвое по среднему значению (25.4 $\text{нг}/\text{г}$), чем на участке 6 (10.6 $\text{нг}/\text{г}$), что связано с более близким нахождением к автотрассе и урбанизированным местам. Веточки накапливают меньше ртути, чем хвоя, наименьшая концентрация в п. Трудовое (10.5 $\text{нг}/\text{г}$), средние значения на тропе «Седанка» (13.9 $\text{нг}/\text{г}$), а наибольшая концентрация на острове Русский (18.8 $\text{нг}/\text{г}$). В сравнении с территорией Ботсада экотропа отличается большей лесистостью, но почти одинаковыми площадями антропогенно измененных территорий. Согласно данным лихеноиндикации, на данной антропогенно измененной территории присутствуют отдельные участки (3, 5), сохранившие большее биоразнообразие; наименьшее видовое разнообразие лишайников, низкое проективное покрытие и худшее жизненное

состояние наблюдается на участках 1, 2, 7 (близкие к поселению). Экотропа необходима для сохранения биоразнообразия корен-

ных чернопихтарников, охраняемых, лекарственных и медоносных растений и проведения биомониторинга экосистем.

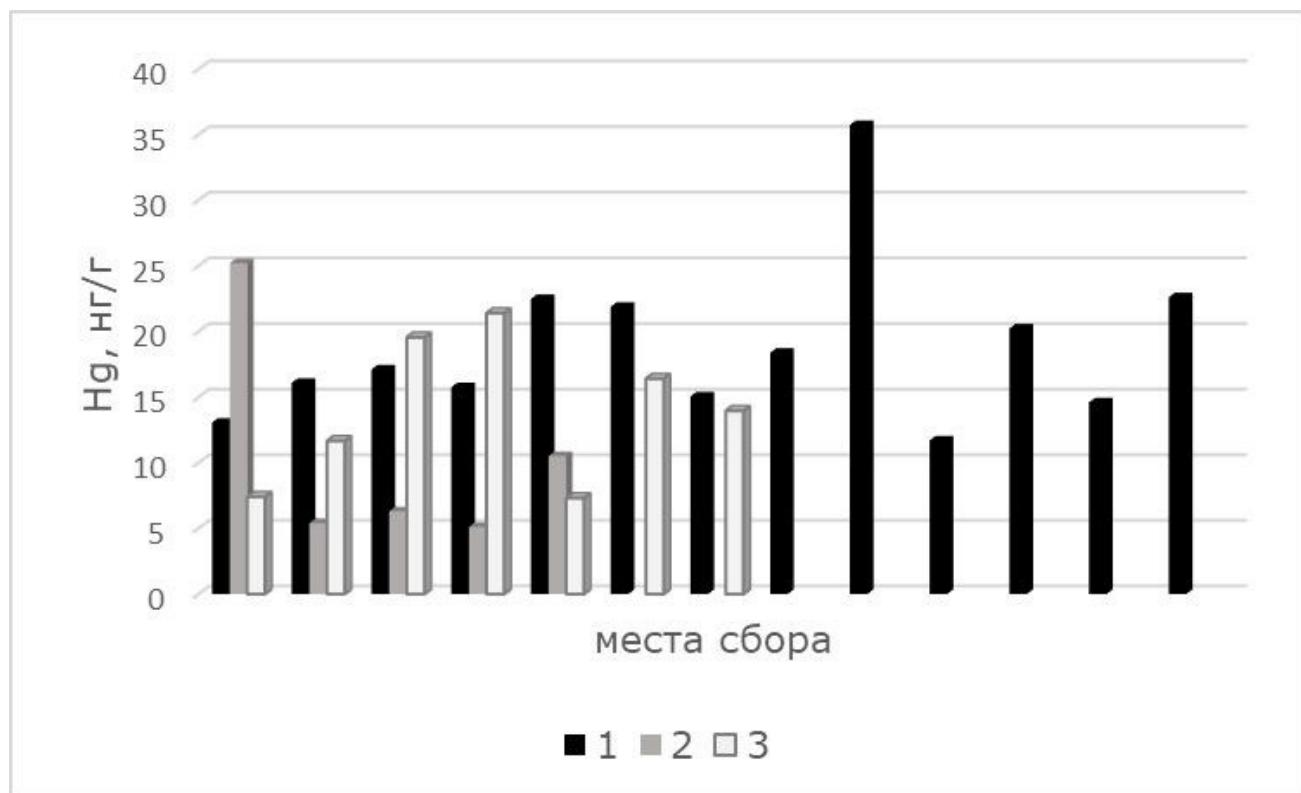


Рис. 7. Содержание ртути в ветках пихты цельнолистной в районах исследования: 1 – остров Русский; 2 – поселок Трудовое; 3 – экотропа «Седанка»

Fig. 6. Mercury content in the branches of *Abies holophylla* in the study areas: 1 – Russky island; 2 – v. Trudovoe; 3 – Sedanka ecotrail

Библиография

- Бутовский Р. О. Загрязнение ртутью окружающей среды Мурманской области // Охрана окружающей среды и заповедное дело. 2024. Т. 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. DOI: 10.17513/srbs.1372. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1372> (дата обращения: 24.09.2024).
- Ляпина Е. Е. Геоэкологические особенности ртутной нагрузки на территорию Томской области по данным биомониторинговых исследований // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19876> (дата обращения: 24.09.2024).
- Микшевич Л. А., Ковальчук Н. В. Тяжелые 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., Гумарова Р. Р., Верхолат В. П. 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. Томск, 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 . Хабаровск: Хабаровское книжное из-
дательство, 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 ECOLOGICAL TRAIL «SEDANKA» (VLADIVOSTOK)

KISELYOVA
Alyona Gennadyevna

PhD, Pacific Institute of Geography FEB RAS, Russia Vladivostok Radio St., 7, alena_kiseleva@mail.ru

PSHENICHNIKOVA
Nina Fyodorovna

PhD, Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Radio st., 7, n.f.p@mail.ru

RODNIKOVA
Ilona Mironovna

PhD, Pacific Institute of Geography FEB RAS, Russia Vladivostok, Radio St., 7, rodnikova_ilona@mail.ru

YURCHENKO
Svetlana Grigoryevna

PhD, Pacific geografical institute FEB RAS, Russia Vladivostok, Radio st., 7, yurchenko@tigdvo.ru

Key words:
vegetation
lichens
soils
ecotrail
fir forests
mercury
pine needles
Vladivostok

Summary: Ecological trails are intended for environmental education, rational use of natural resources, protection of biogeocenoses, recreational and hiking trips. We propose to create Sedanka ecological trail to preserve the biodiversity of the ecosystems of the Muravyov-Amursky Peninsula of Vladivostok. In the work we carried out the research of the developed route. The work is aimed at assessing the geoecological state of the ecological trail in terms of soil and vegetation, lichen cover, forest cover, anthropogenically altered areas and the content of mercury in the needles of the Manchurian fir (to assess the air condition). Seven sections of the trail reflecting different degrees of anthropogenic disturbance of the territory and the ecosystem change were studied in 2024. Dead-soil-cover oak forests are replaced by broad-leaved, firry-broad-leaved, and low-growing forests. The soil cover of the trail is dominated by thin, strongly skeleton brown soil, and eroded brown soil on steep slopes. A section of a more anthropogenically altered territory and located close to buildings was identified for the high mercury content in needles of 25.4 ng/g. Meanwhile, at a site remote from the settlement, the mercury value in needles was lower, 10.6 ng/g. The trail has the highest content of mercury in needles of 2.3 ng/g (average value), compared to other areas: Trudovoy village (21.5 ng/g) and Russky island (30.4 ng/g). According to lichen indication data, there are the areas on the trail that support a higher species diversity compared to the surrounding area. A comparison of the soil and vegetation cover of the ecotrail and the adjacent area of the Botanical Garden was carried out. In the ecological trail the percentage of forest cover is higher (81 %). The territory of the Botanical Garden has the same degree of anthropogenically transformed area, as the ecological trail, namely (65–70 %). Rational use of natural resources in the ecological trail zone will contribute to the protection of indigenous firry-broad-leaved forests and natural ecosystems.

Reviewer: L. V. Kubrina

Received on: 14 Jule 2025

Published on: 10 December 2025

References

- Butovskiy R. O. Mercury environmental pollution of the Murmansk region, Ohrana okruzhayuschei sredy i zapovednoe delo. 2024. T. 5, No. 2 (14). P. 52–65.
- Ganzey K. S. Pshenichnikova N. F. Yurchenko S. G. Rodnikova I. M. Mercury content in the soil-vegetation cover of Russky and Shkot Islands (Peter the Great Bay, Primorsky territory), Geohimiya. 2021. T. 66, No. 5. P. 473–480. DOI: 10.31857/S0016752521030043
- Lyapina E. E. Geoecological features of mercury load of the territory of the Tomsk region according to biomonitoring research, Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. No. 1–2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19876> (data obrashcheniya: 24.09.2024).
- Mikshevich L. A. Koval'chuk N. V. Heavy metals and human ecological safety (lead, mercury, cadmium):

- A study guide, Ural'skiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet; Institut ekologii rasteniy i zhivotnyh UrO RAN. Ekaterinburg, 2020. 92 p.
- Prohorenko N. B. Gumarova R. R. Verholat V. P. Floristic classification of forests of the Muravyov-Amursky Peninsula, Komarovskie chteniya. 1996. Vyp. XLII. P. 79–100.
- Prokop'ev A. S. Chernova O. D. Grishaeva E. S. Machkinis E. Yu. Titova K. G. Yamburov M. S. Luk'yanova M. G. Lysakova E. N. Konovalova A. M. Agafonova G. I. Ecological trail: arrangement and purpose. Tomsk: Izdatel'skiy Dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018. 133 c.
- Pshenichnikova N. F. Ecological trail "Sedanka" in the suburb of Vladivostok, Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki. 2024. No. 3. P. 37–41. DOI: 10.17513/srbs.1372. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1372> (data obrascheniya: 24.09.2024).
- Shvorneva E. V. Lyapina E. E. Voropay N. N. Content and features of mercury accumulation in the needles of *Pinus sylvestris* L.), Dvenadcatoe Sibirskoe soveschanie i shkola molodyh uchenyh po klimato-ekologicheskому monitoringu: Tezisy dokladov rossiyskoy konferencii, Pod red. M. V. Kabanova. Tomsk, 2017. P. 183–184.
- Usenko N. V. Trees, shrubs and vines of the Far East. Habarovsk: Habarovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1984. 272 p.
- Vascular plants of the Far East, Pod red. P. P. Harkevich. SPb.: Nauka, 1989. T. 4. 380 p.