

КЛИНИЧЕСКАЯ ФАРМАКОЛОГИЯ PHARMACOLOGY



DOI: 10.18413/2658-6533-2026-12-3-0-4

УДК 615:32

Вторичные метаболиты *Reynoutria sachalinensis* – потенциальный резерв фармакологических препаратов (обзор)

Е.Г. Жничкова , Т.А. Кроль , Д.Н. Балеев 

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»,
ул. Грина, д. 7, стр. 1, г. Москва, 117216, Российская Федерация
Автор для переписки: Е.Г. Жничкова (emili-07@mail.ru)

Резюме

Актуальность: Литературный обзор посвящен многолетнему травянистому растению *Reynoutria sachalinensis* семейства *Polygonaceae*. Во многих странах данный вид считается инвазивным и ведется поиск не только методов борьбы с ним, но и вариантов его использования, как лекарственного, медоносного, декоративного, пищевого и кормового растения. **Цель исследования:** Систематизировать современные научные данные в области химического состава *R. sachalinensis*, механизмов действия его основных биологически активных соединений и обоснованию их терапевтического использования. **Материалы и методы:** Для достижения поставленной цели проводился анализ источников отечественной и иностранной литературы по данной проблеме за период с 2000 г. по 2025 г. Использовались базы данных научных электронных библиотек Google Scholar, eLibrary, PubMed, Web of Science, ScienceDirect, Scopus. **Результаты:** В обзоре обобщены результаты исследований в области изучения химического состава, биологической активности как различных экстрактов, так и индивидуальных соединений, а также механизмов действия основных биологически активных веществ *R. sachalinensis*. В настоящее время из данного вида выделено и идентифицировано более 277 соединений. Метаболиты *R. sachalinensis* относятся к фенольным соединениям, тритерпеноидам, азотсодержащим соединениям, пигментам и алифатическим спиртам. В исследованиях последних десятилетий показано, что суммарные экстракты и высокоочищенные фракции соединений из различных органов *R. sachalinensis* обладают антиоксидантной, противовирусной, фунгицидной и противоопухолевой активностью, ингибирующим действием на β -глюкозидазу, ацетилхолинэстеразу, ксантинооксидазу и нейропротективными свойствами. Знание пространственной структуры комплексов клеточных белков, мембранных рецепторов и растительных вторичных метаболитов, их лигандов раскрывает механизм действия биологически активных веществ, но не исключает необходимости его подтверждения и проведения эксперимента *in vitro* и *in vivo*.

Заключение: Растительное сырье *R. sachalinensis* можно рассматривать как источник биологически активных метаболитов, имеющих широкий спектр использования.

Ключевые слова: рейнуртия сахалинская; вторичные метаболиты; цитотоксичность; противовирусное действие; молекулярный докинг

Для цитирования: Жничкова ЕГ, Кроль ТА, Балеев ДН. Вторичные метаболиты *Reynoutria sachalinensis* – потенциальный резерв фармакологических препаратов (обзор). Научные результаты биомедицинских исследований. 2026;12(3):414-438. DOI: 10.18413/2658-6533-2026-12-3-0-4

Secondary metabolites of *Reynoutria sachalinensis* – a potential reserve of pharmacological drugs (review)

Elena G. Zhnichkova , Tatyana A. Krol , Dmitry N. Baleev 

All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants,
7 Grina St., Bldg. 1, Moscow, 117216, Russia

Corresponding author: Elena G. Zhnichkova (emili-07@mail.ru)

Abstract

Background: This literature review focuses on the perennial herbaceous plant *Reynoutria sachalinensis*, which belongs to the Polygonaceae family. This species is considered invasive in many countries, and research is ongoing into methods to combat it and its potential use as a medicinal, honey-bearing, ornamental, food and fodder plant. **The aim of the study:** To systematize modern scientific data in the field of the chemical composition of *R. sachalinensis*, the mechanisms of action of its main biologically active compounds and the justification of their therapeutic use. **Materials and methods:** To achieve this goal, an analysis of the sources of national and foreign literature on this issue was carried out for the period from 2000 to 2025. Databases of scientific electronic libraries Google Scholar, eLibrary, PubMed, Web of Science, ScienceDirect, Scopus were used. **Results:** The review summarizes the results of research in the field of studying the chemical composition, biological activity of both various extracts and individual compounds, as well as the mechanisms of action of the main biologically active substances of *R. sachalinensis*. Currently, more than 277 compounds have been isolated and identified from this species. The metabolites of *R. sachalinensis* are phenolic compounds, triterpenoids, nitrogenous compounds, pigments and aliphatic alcohols. Studies in recent decades have shown that total extracts and highly purified fractions of compounds from various organs of *R. sachalinensis* have antioxidant, antiviral, fungicidal, and antitumor activity, inhibitory effects on beta-glucosidase, acarbose, acetylcholinesterase, xanthine oxidase, and neuroprotective properties. Knowledge of the spatial structure of complexes of cellular proteins, membrane receptors, and plant secondary metabolites, as well as their ligands, reveals the mechanism of action of biologically active substances, but does not exclude the need to confirm it and conduct experiments *in vitro* and *in vivo*. **Conclusion:** The plant raw materials of *R. sachalinensis* can be considered as a source of biologically active metabolites with a wide range of uses.

Keywords: *Reynoutria sachalinensis*; secondary metabolites; cytotoxicity; antiviral effect; molecular docking

For citation: Zhnichkova EG, Krol TA, Baleev DN. Secondary metabolites of *Reynoutria sachalinensis* – a potential reserve of pharmacological drugs (review). Research Results in Biomedicine. 2026;12(3):414-438. Russian. DOI: 10.18413/2658-6533-2026-12-3-0-4

Введение. Лекарственные растения играют важную роль в мировом здравоохранении и глобальной экономике [1]. В настоящее время индустрия фитотерапии переживает активный рост [2]. Только в США более 25% рецептурных лекарств содержат активные вещества, полученные из растений [3]. В России доля рынка фитопрепаратов меньше по сравнению со странами Евросоюза [4, 5, 6]. При этом Российская Федерация обладает определенным потенциалом для производства фитопрепаратов [7, 8]. Исследования, проводимые в области поиска и изучения механизма действия вторичных метаболитов лекарственных растений, являются актуальными [9].

Reynoutria sachalinensis (F. Schmidt) Nakai (син. *Polygonum sachalinensis* F. Schmidt ex Maxim., *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr.) – Рейнутрия сахалинская – многолетнее травянистое растение высотой до 4 метров с крупными овально-продолговатыми, с сердцевидным основанием и острой или заостренной верхушкой листьями, длина которых варьирует от 15 до 45 см. [10, 11, 12]. Данный вид принадлежит семейству *Polygonaceae* [13]. Корневище утолщенное, ветвистое. Цветки мелкие, собраны в короткие, плотные метелки длиной до 10 см. В природе данный вид распространен на Курильских островах, островах Сахалин, Хоккайдо, Хонсю, Корейском полуострове [11, 14]. Вторичный ареал располагается на территории США, Индии, Австралии, Африки и Европы [11]. Для данного вида характерна полиплоидия. Встречаются популяции с наличием тетраплоидного ($2n=44$), гексаплоидного ($2n=66$), октоплоидного ($2n=88$) и додекаплоидного числа хромосом ($2n=132$) [10, 11, 15].

В 19 веке данный вид был завезен в Европу в качестве декоративного растения [12]. *R. sachalinensis* встречается на территории 29 европейских стран, в 18 из

них считается инвазивным видом [10, 16]. Данный вид не требователен к составу почв и способен расти практически в любых условиях, образуя монодоминантные заросли [15, 17]. Произрастает по берегам рек, на опушках леса, вблизи дорог, на свалках, строительных площадках, железнодорожных насыпях и заброшенных полях. Ведется поиск мер борьбы с этим растением, а также поиск путей его использования [18].

R. sachalinensis используется как лекарственное, медоносное, декоративное, пищевое и нетрадиционное кормовое растение [19]. Возможно его применение в фиторемедиации загрязненных территорий, в пищевой и бумажной промышленности [20, 21]. Экстракты данного вида используют в качестве стимулятора роста растений и фунгицида [22]. Спиртовое извлечение из листьев оказывает стимулирующее действие при прорастании семян и росте растений пшеницы *Triticum aestivum* L. [23]. Из экстракта растений *R. sachalinensis* получен биопестицид [24]. Однако в настоящее время он не был зарегистрирован ни в одной стране ЕС [25]. В Японии и Китае применяется в традиционной медицине [26].

Цель исследования. Данный литературный обзор посвящен систематизации современных научных данных в области химического состава *R. sachalinensis*, изучению механизмов действия его основных биологически активных соединений и обоснованию их терапевтического использования.

Материалы и методы исследования. Для информационно-аналитического поиска использовали научные данные, размещенные на электронных ресурсах Google Scholar, eLibrary, PubMed, Web of Science, ScienceDirect, Scopus. Поиск осуществляли за период с 2000 г. по 2025 г. по ключевым словам: «*Reynoutria sachalinensis*», «*Fallopia sachalinensis*», «giant knotweed», «рейнутрия сахалинская», «ботаническое описание

рейнутрии сахалинской», «экстракт рейнутрии сахалинской», «фенольные соединения рейнутрии сахалинской», «химический состав рейнутрии сахалинской», «фармакологическое действие рейнутрии сахалинской», «цитотоксичность», «противовирусное действие», «антибактериальное действие», «противоопухолевое действие».

Профиль биоактивных соединений

Фитохимические исследования рода *Reynoutria* выявили наличие более

277 химических компонентов [27]. *R. sachalinensis* содержит большое количество разнообразных биологически активных веществ: фенольные соединения (антрахиноны, стильбены, флавоноиды, фенилпропаноиды, проантоцианидины, гидролизуемые танины, фенольные кислоты), каротиноиды, хлорофиллы, тритерпеноиды, азотсодержащие соединения и алифатические спирты (табл. 1) [28, 29].

Таблица 1 (начало)

Вторичные метаболиты *Reynoutria sachalinensis*

Beginning of Table 1

Secondary metabolites of *Reynoutria sachalinensis*

№ п/п	Вторичный метаболит, выделенный из <i>Reynoutria sachalinensis</i>	MW	Орган растения, где синтезируется БАВ	Авторы
Терпены				
1	(E)- β -оцимен	136,2	лист, зараженный <i>Popillia japonica</i>	[34]
2	линалоол	154,2	лист, зараженный <i>Popillia japonica</i>	[34]
3	(E)-4,8-диметил-1,3,7-нонatriен	150,3	лист, зараженный <i>Popillia japonica</i>	[34]
4	(E,E)- α -фарнезен	204,3	лист, зараженный <i>Popillia japonica</i>	[34]
Тритерпеноиды				
5	β -амирин	426,7	стебель, цветок	[35]
6	урсоловая кислота	456,7	стебель, лист, корневище	[36]
7	олеаноловая кислота	456,7	стебель, лист, корневище	[36]
8	бетулиновая кислота	456,7	стебель, лист, корневище	[36]
Стероиды				
9	кампестерол	400,7	стебель, цветок	[35]
10	эргостеролпероксид	428,6	стебель, цветок	[35]
11	даукостерол	576,9	стебель, цветок	[35]
Стильбены				
12	ресвератрол	228,2	корневище	[30, 32, 36]
13	ресвератрол-гексозид	390,4	корневища	[30]
14	полидатин	390,4	корневище, корень	[31, 37]
15	пицеид	390,4	стебель, лист, корневище	[26, 30, 32, 37]
16	ресвератролозид	390,4	стебель, корневище	[26, 30, 31, 32]
17	пицеатаннола-3-О- глюкозид	406,4	корневище	[26, 30, 31]
18	ресвератрол-галлоил-глюкозид	542,5	корневище	[26]
Фенилпропаноиды				
19	коричная кислота	148,2	надземная часть	[33]
20	лапатоид D	634,6	корень	[38, 39]
21	гидропиперозид	780,7	стебель, цветок, корень	[31]
22	лапатоид C	810,7	корень	[38, 39]
23	ваникозид C	822,8	стебель, корень	[31]
24	ваникозид B	954,9	стебель, корень	[12, 31]
25	лапатоид A	986,9	корень	[38, 39]
26	ваникозид A	998,9	корень	[38, 39]

Таблица 1 (продолжение)
Continuation of Table 1

Вторичные метаболиты *Reynoutria sachalinensis*
Secondary metabolites of *Reynoutria sachalinensis*

№ п/п	Вторичный метаболит, выделенный из <i>Reynoutria sachalinensis</i>	MW	Орган растения, где синтезируется БАВ	Авторы
Флавоноиды				
Производные лютеолина				
27	лютеолин-7-О-рамнозид	432,4	лист	[26]
28	лютеолин-7-О-галактозид	448,4	стебель, лист	[26]
29	лютеолин-7-О-глюкозид	448,4	стебель, лист	[26, 31]
Производные кемпферола				
30	кемпферол-3-О-глюкозид	448,4	стебель, лист, корневище	[31]
Производные кверцетина				
31	кверцетин	302,2	стебель, лист, цветок	[26, 31, 35]
32	кверцетин пентозид	434,3	стебель, лист	[26, 31]
33	кверцетин-3-О-арабинопиранозид	434,3	цветок	[40]
34	кверцетин-3-О- α -арабинофуранозид	434,3	цветок	[40]
35	кверцетин-3-рамнозид	448,4	стебель, лист	[31]
36	кверцетин 3- β -D-глюкозид	464,4	цветок	[35, 40]
37	кверцетин-3-О- α -D-галактопиранозид	464,4	цветок	[40]
38	кверцетин-ацетилгексозид	506,4	стебель, лист	[36]
39	кверцетин-3-О-рамнозид-глюкозид	610,5	стебель, лист	[36]
Флаван-3-олы				
40	катехин	290,3	стебель, лист, корень,	[29, 36, 41]
41	эпикатехин	290,3	лист, корень,	[29, 41]
42	эпикатехин-3-О-галлат	442,4	стебель, лист, корневище	[29, 30, 31, 41]
43	катехин галлат	442,4	стебель, лист, корень	[29, 36, 41]
44	катехин глюкозид	452,4	стебель, лист, корень	[36]
45	галлокатехин галлат	458,4	лист, корень	[29, 41]
46	димер процианидина, тип В	578,1	стебель, лист, корневище	[26, 29, 30, 31, 41]
47	димер процианидина галлат	730,6	корневище	[30, 41]
48	тример процианидина, тип В	866,8	лист, корневище	[29, 30, 41]
49	димер процианидина дигаллат, тип В	882,2	лист, корневище	[30, 41]
50	тример процианидина галлат	1018,2	корневище	[30]
51	тетрамер процианидина, тип В	1154,3	стебель, лист, корневище	[26, 30, 41]
52	тример процианидина дигаллат	1170,2	корневище	[30]
53	тетрамер процианидина галлат	1306,3	лист, корневище	[30, 41]
54	пентамер процианидина	1442,3	лист, корневище	[30, 41]
55	пентамер процианидина галлат	1594,3	лист, корневище	[41]
56	октамер процианидина	2306,5	лист, корневище	[30, 41]
57	гептамер процианидина	2018,5	лист, корневище	[30, 41]
58	неамер процианидина	2594,6	лист, корневище	[41]
59	декамер процианидина	2882,6	лист, корневище	[41]

Таблица 1 (окончание)

Вторичные метаболиты *Reynoutria sachalinensis*

End of Table 1

Secondary metabolites of *Reynoutria sachalinensis*

№ п/п	Вторичный метаболит, выделенный из <i>Reynoutria sachalinensis</i>	MW	Орган растения, где синтезируется БАВ	Авторы
Гидролизуемые танины				
60	моногаллоил-глюкоза	332,3	стебель, лист, корень	[26]
Фенольные кислоты				
61	галловая кислота	170,1	надземная часть, корень	[33]
62	кафтаровая кислота	312,2	стебель, лист, корневище	[26]
63	<i>p</i> -кумароилхинная кислота	338,3	стебель, лист, корневище	[26]
64	неохлорогеновая кислота	354,3	надземная часть, стебель, лист, корневище	[26, 33]
65	ди- <i>O</i> -кофеоилхинная кислота	516,5	стебель, лист, корневище	[26]
66	ферулоилхинная кислота	368,3	стебель, лист, корневище	[26]
Хиноны				
67	торахризон	246,3	стебель, корень	[31]
68	эмодин	270,2	корень	[31, 37]
69	фисцион	284,3	корень	[37]
70	квестин	284,3	корень	[31]
71	торахризон глюкозид	408,4	корневище	[38, 42]
72	эмодин-8- <i>O</i> - β -D-глюкопиранозид	432,4	стебель, цветок, корень	[30, 35, 37, 38, 42]
73	фисцион-8- <i>O</i> - β -D-глюкопиранозид	446,4	корень	[37, 42]
74	эмодин-8- <i>O</i> -(6'- <i>O</i> -малонил)-D-глюкозид	518,4	стебель, корневище	[31]
Диантроны				
75	эмодин диантрон	510,5	корневище	[42]
76	фаллопион	524,5	корневище	[42]
77	фисцион диантрон	538,5	корневище	[42]
каротиноиды и их производных				
78	неохром	600,9	лист, корневище	[36]
79	лютеин-5,6 эпоксид	584,9	лист, корневище	[36]
80	лютеин	568,9	лист, корневище	[36]
81	зеаксантин	568,9	лист, корневище	[36]
82	виолаксантин	600,9	лист, корневище	[36]
83	каротин	536,9	лист, корневище	[36]
азотсодержащие соединения				
84	<i>N</i> - транс -ферулоилтирамин	313,3	корневище	[30]
85	<i>N</i> -ферулоил-метокситирамин	343,4	корневище	[30]
алифатические спирты				
86	1-деканол	158,3	стебель, цветок	[35]

По данным Nawrot-Hadzik I. фракция этилацетата наиболее богата полифенолами (640,7 мг/г) и танинами (528,3 мг/г) [30]. Содержание стильбенов в корневище *R. sachalinensis* составляет до 27,04 мг/г, в том числе содержание транс-полидатына – 17,06 мг/г [31]. В молодых весенних побегах накапливается 154 мг/кг

ресвератролозида, 64 мг/кг сухой массы пiceiда и 68 мг/кг сухой массы ресвератрола [32]. Ваникозид В и С в корнях накапливается до 21,5 и 6,5 мг/г сухого вещества соответственно, а стеблях – 14,3 и 0,6 мг/г сухого вещества [31]. По данным Stafiniak M. с соавторами для *R. sachalinensis* характерно более

высокое содержание гидропиперозида, ваникозидов, чем в *R. japonica* и *R. x bohemica* [18]. В надземной части преобладают неохлорогеновая кислота и рутин [33]. Содержание галловой кислоты в надземной части достигает 21,99 мг/кг, что в 3,3 больше по сравнению с корневищем [33]. В листьях *R. sachalinensis* кверцитрин является основным соединением (до 13,96 мг/г сухого вещества) [31]. По данным Vrchotova N. с соавторами содержание катехина и эпикатехина в молодых весенних побегах достигает 167 и 674 мг/кг сухой массы соответственно [32].

В настоящее время основные исследования направлены на изучение

фитохимического состава корневища [29].

Молекулярный докинг вторичных метаболитов R. sachalinensis

Зная пространственную структуру комплексов клеточных белков, мембранных рецепторов и растительных вторичных метаболитов, их лигандов можно предположить механизм их действия, используя молекулярный докинг.

Эфиры фенилпропаноиддисахаридов, присутствующие у *Reynoutria* с преобладающим количеством ваникозидов В и А (рис. 1), до сих пор остаются малоизученными химическими веществами с точки зрения их биологической активности.

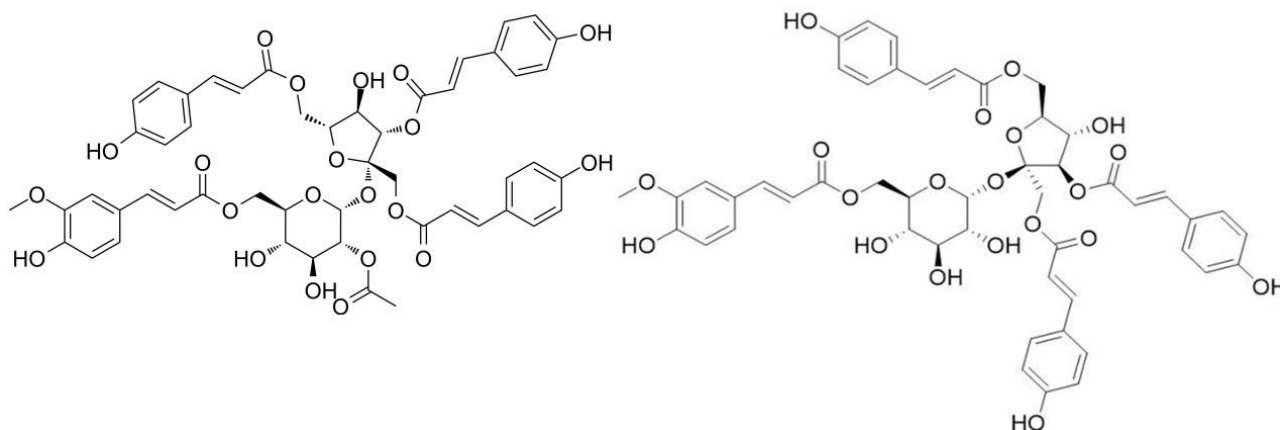


Рис. 1. Химическая структура ваникозида А (слева) и ваникозида В (справа) из *R. sachalinensis*

Fig. 1. Chemical structure of vanicoside A (left) and vanicoside B (right) from *R. sachalinensis*

Для оценки возможного противоопухолевого действия проводили молекулярный докинг ваникозидов А и В с активным центром киназы BRAFV600E (ключевой онкоген с мутацией, неправильный сигналинг BRAF из-за мутации V600E может приводить к

избыточной клеточной пролиферации и к ошибочной устойчивости к апоптозу) и MEK-1 (MAP-extracellular regulated kinase) (программное обеспечение GOLD, версия 5.7.2, Кембриджский центр кристаллографических данных, Кембридж, Великобритания) [43] (табл. 2).

Таблица 2

Взаимодействие ваникозидов А и В с киназами BRAF (V600E) и MEK1 [43]

Table 2

Interaction of vanicosides A and B with BRAF (V600E) and MEK1 kinases [43]

Цель	Лигандные взаимодействия	Ваникозид А	Ваникозид В
Киназа BRAF(V600E) (лиганд: PLX4032)	Asp594, Phe595, Trp531	Asp594, Cys532, Thr529, Ser465	Asp594, Cys532, Lys483, Asn581
Киназа MEK-1 (лиганд: UCB135377)	Lys97, Asp208, Val211, Ser212	Lys97, Asp208, Ser194, Asn195, Cys207	Lys97, Asp208, Ser194, Asn195, Glu144

Ваникозиды А и В образуют четыре водородные связи с остатками киназы BRAF. Среди них присутствует взаимодействие с остатком Asp594, и это является решающим взаимодействием в случае исходного лиганда. Известно, что аминокислотные остатки Lys483 и Cys532 являются важными для связывания потенциальных ингибиторов BRAF [43].

Ваникозид В взаимодействует с ними обоими, тогда как ваникозид А только с Cys532. В случае MEK1 оба ваникозида образуют пять водородных связей с этой киназой. Эти результаты позволяют предположить, что оба ваникозида можно рассматривать как потенциальные ингибиторы этих мишеней, а также проводить дальнейшие экспериментальные испытания [44].

Аналогичный эффект наблюдался и в отношении главной протеазы *Mpro SARS-CoV-2* (3CL pro), которая признана ключевой мишенью для профилактики и лечения инфекционных заболеваний, вызванных коронавирусами.

Биологически активные соединения *R. sachalinensis* были пристыкованы к сайту связывания протеазы *SARS-CoV-2* и рассчитано среднеквадратичное отклонение с наилучшим положением и закреплением лиганда (RMSD = 1.6369 Å). В таблице 3 представлены лучшие ингибиторы протеазы (общие взаимодействия с лигандом отмечены жирным шрифтом), балл стыковки больше 90. Известно, чем больше водородных и π -связей, тем устойчивее комплекс [43].

Таблица 3

Взаимодействие некоторых вторичных метаболитов *R. sachalinensis* с *Mpro SARS-CoV-2* [45]

Table 3

Interaction of some secondary metabolites of *R. sachalinensis* with *Mpro SARS-CoV-2*

№ п/п	Ингибитор <i>Mpro</i>	Лигандные взаимодействия
1	ваникозид А	Водородные связи: Cys145, Glu166, Gln189, Thr190 , Thr26; π -связи: His41 , Leu27.
2	ваникозид В	Водородные связи: Cys145, Gln189 , His164, Asn142, Leu141, Tyr54, Cys44; π -связи: His41 , Met165
3	эмодин	Водородные связи: Cys145, Glu166 , Met165, Tyr54, His41; π -связи: His41 ; Met165
4	ресвератрол	Водородные связи: Gln 192; π -связи: His41 , Pro168, Met165
5	пицеид	Водородные связи: Cys145 , Gln192 π -связи: His41 , Met165, Pro168
6	эпикатехин	Водородные связи: Ser144, Glu166, Gly143 , His164, Thr190 π -связи: Met165, His163, Cys145

Недавние исследования с использованием молекулярного докинга показали, что стильбены в целом и ресвератрол в том числе, могут быть использованы для лечения *COVID-19* [46].

Стильбены, действуя как ингибитор на рецептор ACE2 (ангиотензин-превращающий фермент II), который является функциональным клеточным рецептором для коронавирусов *SARS-CoV* и *SARS-CoV-2* (*COVID-19*), а также *HCoV-NL63* [47, 48, 49], предотвращают

образование комплекса S1:ACE2 и проникновение вируса в клетки хозяина.

Исследования молекулярного докинга, проведенные Maroli N. [50], показали, что процианидины также могут быть потенциальными ингибиторами *Mpro SARS-CoV-2*, а также ACE2 [51, 52, 53, 54, 55].

Биологическая активность экстрактов R. sachalinensis

Спиртовые и водные экстракты *R. sachalinensis* традиционно используют в странах Восточной Азии для лечения

артралгий, кашля, желтухи, аменореи, ожогов, травм, карбункулов и язв [35]. А другой близкий вид семейства Polygonaceae – *R. japonica* на протяжении многих лет применяют при различных хронических заболеваниях из-за его

антиоксидантных, противовоспалительных и противоопухолевых свойств [56]. Вторичные метаболиты *R. sachalinensis* могут стать источниками для разработки компонентов различных терапевтических препаратов (табл. 4).

Таблица 4 (начало)

Биологическая активность некоторых экстрактов и фракций *R. sachalinensis*

Beginning of Table 4

Biological activity of some extracts and fractions of *R. sachalinensis*

Экстракт	Орган растения	Вторичный метаболит	Биологический объект/метод	Механизм действия	Авторы
<i>антиоксидантная активность</i>					
метанольный экстракт	цветок	флавоноиды	метод удаления свободных радикалов; супероксидных радикалов; Cu^{2+} -опосредованного окисления липополипротеинов низкой плотности	антиоксидантная активность основана на способности поглощать радикалы (ABTS) и радикалы кислорода (ORAC).	[30, 33, 40]
метанольный экстракт	надземная часть	галловая кислота, хлорогеновая кислота, транскоричная кислота, рутин, гиперозид и изокверцитрин			
метанольный экстракт	корневище	галловая кислота и 6,7-дигидроизофлаван			
ацетоновый экстракт и этилацетатная фракция	корневище	проантоцианидины			
<i>нейропротекторное действие</i>					
фракция н-гексана	стебель	деканол, кампестерол, пероксид эргостерола, кверцетин и изокверцитрин	клетки HT22 (иммортиализованные клетки гиппокампа мыши)	нейропротекторная активность связана с антиоксидантной активностью	[35]
этилацетатная фракция	цветок				
<i>антигликооксидантные свойства</i>					
ацетоновый экстракт и фракции (этилацетат, диэтиловый эфир)	корневище	фенилпропаноидные дисахаридные эфиры, свободные и олигомерные флаван-3-олы	флуорисцентный анализ трех этапов гликирования: реакция гликирования (ранняя и поздняя); окисление бычьего или человеческого альбумина и агрегация β -амилоида; измерение карбонильных групп белков модифицированным методом Райс-Эванса; измерение тиоловых групп	ингибирует гликирование белков, защищает белки от окисления и образования β -амилоида	[57]

Таблица 4 (окончание)

Биологическая активность некоторых экстрактов и фракций *R. sachalinensis*
End of Table 4
Biological activity of some extracts and fractions of *R. sachalinensis*

Экстракт	Орган растения	Вторичный метаболит	Биологический объект/метод	Механизм действия	Авторы
			модифицированным методом Элмана; определение агрегации β -амилоида с помощью тиофлавина Т и определение с помощью конго красного		
<i>противовирусное действие</i>					
метанольный экстракт	корневище	ваникозиды А и В	клетки RD (эмбриональная рабдомиосаркома), PVI (энтеровирус, полиовирус), EV-A71 (энтеровирус), EV-D68 (энтеровирус), COVID-19	ингибиторование протеаз вируса и рецептора ACE (мембранный белок, экзопептидаза, катализирующая превращение ангиотензина)	[45, 58]
<i>противоопухолевая активность</i>					
ацетоновый экстракт	корневище	ваникозиды А и В	клетки A375, C32 (меланома человека), MCF (Michigan Cancer Foundation – эпителиоподобная клеточная линия, полученная из инвазивной аденокарциномы протоков молочной железы человека)	- ваникозиды, из-за наличия глюкозы в молекуле, могут конкурировать с глюкозой за доступ к GLUT, что приводит к снижению поглощения глюкозы раковой клеткой - индукция апоптоза - в отдельных случаях индукция апоптоза и некроза одновременно - способствуют окислительному стрессу в раковых клетках	[43, 59, 60]

Антиоксидантная активность и нейропротекторное действие. Описана антиоксидантная активность метанольных экстрактов различных органов *R.*

sachalinensis [39]. Исследование антиоксидантной активности методом ВЭЖХ показало, что и надземная часть, и корни имеют антиоксидантный потенциал,

который составляет $3,85 \pm 0,09$ и $3,59 \pm 0,09$ мг/г в эквиваленте Тролокса соответственно [33]. За антиоксидантную активность отвечают различные биологически активные соединения, содержащиеся в данном виде. Так, выделенные из метанольного экстракта цветков *R. sachalinensis* флавоноиды кверцетин-3-О- α -L-арабинофуранозид, кверцетин-3-О- β -D-галактопиранозид и кверцетин-3-О- β -D-глюкуронопиранозид показали значительную антиоксидантную активностью со значениями IC_{50} 64,3, 54,7 и 46,2 мкМ (удаление DPPH), значениями IC_{50} 6,0, 6,7 и 4,4 мкМ (удаление супероксидных радикалов) и значения IC_{50} 3,8, 3,2 и 5,4 мкМ против окисления липопротеинов низкой плотности соответственно [40]. Эмодин, фисцион, квестин и их производные также обладают антиоксидантной активностью [31]. Nawrot-Hadzik I. с соавторами показал, что проантоцианидины, представляющие собой фенольные полимеры, в основном состоящие из субъединиц флаван-3-ола, также вносят значительный вклад в общую антиоксидантную способность [30], что может быть обусловлено их восстановительной способностью, связанной с лабильными фенольными гидроксильными группами [61].

В настоящее время профилактика с помощью антиоксидантов является одной из самых инновационных терапевтических стратегий при нейродегенеративных заболеваниях [62]. Eom M. с соавторами также связывают нейропротекторную активность, таких соединений как 1-деканол, кампестерол, пероксид эргостерола, кверцетин и изокверцитрин, выделенных из *R. sachalinensis*, с антиоксидантной способностью, так как эти соединения снижают уровень активных форм кислорода, а также показали антиоксидантную активность с радикалом DPPH и в анализе поглощения H_2O_2 [35].

Известно, что ключевую роль в развитии болезни Альцгеймера играет избыточная продукция и накопление β -амилоидного пептида, являющегося

основным компонентом сенильных бляшек в ткани мозга. Данный пептид имеет широкий спектр нейротоксических эффектов, включающий окислительный стресс, митохондриальную дисфункцию, нарушение работы ионного транспорта, синаптическую дисфункцию, апоптоз нейронов [63, 64].

В работе Li W. с соавторами показано, что эмодин, который является производным антрахинона и характерен для многих видов семейства Polygonaceae, может быть перспективным кандидатом для лечения болезни Альцгеймера, за счет способности данного соединения препятствовать апоптозу клеток, вызванному β -амилоидом 1-42 *in vitro*, и β -амилоидом *in vivo* у трансгенных мышей APP/PS1. Авторы связывают эти эффекты также с антиоксидантной активностью эмодина [49]. Антиоксидантные свойства катехинов, содержащиеся в листьях, стеблях и корнях рейнунтрии сахалинской, защищают от нейродегенеративных заболеваний [65] за счет удаления свободных радикалов и регулирования реакции на окислительный стресс [66]. Эпигаллокатехингаллат способствует нейрогенезу гиппокампа взрослого человека, а также играет важную роль в развитии нервной системы и в формировании связей между нейронами [67].

Противовирусная активность. Противовирусная активность *R. sachalinensis* во многом обусловлена содержанием в различных органах данного вида таких соединений, как эмодин, ресвератрол, ваникозид В и катехинов. Противовирусное действие ресвератрола связано с подавлением внутриклеточного сигнального пути, центральным компонентом которого является транскрипционный фактор NF- κ B (nuclear factor κ B) [68]. Активность эпигаллокатехин галлата связывают с наличием пирогаллольных и галлоильных фрагментов [69].

Вирус простого герпеса человека. Для эмодина, извлеченного из корневища

R. japonica, была обнаружена ингибирующая активность в отношении вируса простого герпеса человека типа 1 у морских свинок [70]. Эпикатехин и эпикатехин-3-галлат также показали высокий уровень ингибирующей активности [71]. Ресвератрол и фитоалексин, относящиеся к стильбенам, могут подавлять репликацию вирусов путем снижения количества вирусных адгезивных клеток и ингибирования реактивации вируса [72]. Установлено, что ресвератрол в отношении вируса простого герпеса типа 1 влияет на экспрессию вирусных генов, синтез ДНК в эпителиальных клетках и регулирует путь серин/треонинкиназа АМР-активируемая протеинкиназа-Sirtuin1 (SIRT1), предотвращая апоптоз в нейронах [73].

Вирус Эпштейна-Барр (гаммагерпесвирус человека 4). Эпигаллокатехин галлат при использовании в концентрациях выше 50 М эффективно подавляет экспрессию литических белков вируса Эпштейна-Барр, но не влияет на экспрессию EBNA-1 [74]. Спиртовой экстракт другого близкого вида (*R. japonica*) ингибирует литический цикл и снижает выработку вирусных частиц [75].

Вирус Коксаки В4. В работе Liu Z. с соавторами показано, что эмодин, выделенный из *R. japonica*, в зависимости от концентрации и времени способен ингибировать проникновение и репликацию вируса Коксаки В4 [76].

Коронавирусы. Как известно инфекция SARS-CoV-2 начинается с проникновения вируса в клетку посредством взаимодействия вирусного белка Spike (S) с рецептором клеточной поверхности ACE2 (ангиотензинпревращающий фермент 2) и праймирования белка S клеточной протеазой TMPRSS2 (трансмембранная сериновая протеаза 2) [77]. Протеолитическая обработка белка S TMPRSS2 приводит к образованию фрагментов S1 и S2, которые остаются нековалентно связанными. Полипептид S1

взаимодействует с рецептором ACE2 через домен связывания рецептора (RBD), а полипептид S2 облегчает слияние вируса с клеточной мембраной [78]. Интернализированный вирус транслирует РНК-геном в полипептид, за которым следует высокорегулируемая и скоординированная протеолитическая обработка основной протеазой (Mpro/3CLpro), химотрипсин-подобной протеазой, и расщепление субстратных полипептидов [79, 80]. Блокирование процесса созревания вирусных полипротеинов нарушает репликацию вируса в клетках-хозяина [81], поэтому вирусные и клеточные белки представляют собой мишени, воздействуя на которые становится возможным лечение и профилактика SARS-CoV-2.

Установлено значительное ингибирование Mpro SARS-CoV-2 при действии ацетонового экстракта *R. sachalinensis*, характеризующегося высоким содержанием процианидинов и фенилпропаноидных эфиров дисахарида [45, 51, 82, 83].

Бутанольные фракции *R. sachalinensis* показали ингибирование Mpro SARS-CoV-2 с IC₅₀ = 4,031 мкг/мл [45]. В работе Yang M. с соавторами показано, что ресвератрол способен значительно ингибировать репликацию SARS-CoV-2 с EC₅₀ = 4,48 мкМ [84]. Водные и этанольные экстракты *R. japonica* значительно ингибируют проникновение псевдовируса SARS-CoV-2 за счет блокирования взаимодействия белка ACE2/S и ингибирования протеазы 3CL [85].

Эмодин способен ингибировать взаимодействие спайкового белка SARS-CoV и человеческого ACE2 [52] и нарушать выход вируса SARS-CoV и HCoV-OC43, благодаря блокировке ионного канала, посредством которого происходит высвобождение вируса из инфицированной клетки [86].

Эпигаллокатехин галлат отвечает за подавление активности главной протеазы в SARS-CoV-2 и репликации вируса

in vitro [87]. Ваникозид В также оказывает умеренное ингибирующее действие на протеазы вируса SARS-CoV-2 [45].

Установлено, что олигомерные проантоцианидины обладают ингибирующей активностью в отношении протеиназы TMPRSS2 [88].

Вирус иммунодефицита человека. Ресвератрол и эмодин-8-О-β-D-глюкозид способны ингибировать образование синцития, вызванное ВИЧ-1 с EC₅₀ = 4,37 и 11,29 мкг/мл соответственно [89, 90]. Эпигаллокатехин галлат является ингибитором обратной транскриптазы ВИЧ, ингибирует проникновение ВИЧ в клетки-мишени и вызывает снижение способности вирионов инфицировать клетки [91].

Вирус гепатита С. В работе Calland N. с соавторами показано, что (2)-эпигаллокатехин-3-галлат, эпикатехин-3-галлат и эпигаллокатехин обладают противовирусной активностью HCV на ранней стадии жизненного цикла вируса [92]. Установлено, что (-)-эпигаллокатехин-3-галлат подавляет вирус, прикрепляясь к целевой клетке и предотвращая распространение инфекции на другие клетки [92].

Энтеровирус. Эпигаллокатехин галлат и галлокатехин галлат способны подавлять репликацию энтеровируса EV71. Установлено, что ваникозид В защищает клетки RD (эмбриональная рабдомиосаркома) от EV-A71 и EV-D68 при концентрации 20 мкМ [45], а также является ингибитором активности фермента, необходимого для репликации EV.

Полиовирус. В работе Arita M. указывается, что ваникозид В, выделенный из метанольного экстракта корня *R. sachalinensis*, обладает антиполиовирусным действием [46, 93], ингибируя фермент PI4KB (фосфатидилинозит-4-киназа бета), который является его прямой мишенью [93]. Однако антипролиферативный эффект на лимфоциты [94] и летальность у мышей [95] вызывают сомнения по поводу

безопасности использования соединения *in vivo*.

Противоопухолевая активность и цитотоксическое действие. Известно действие ваникозидов А и В, выделенных из корневищ *Reynoutria sachalinensis*, на две линии клеток меланомы человека (амеланотическая – С32 и меланотическая – А375, которые содержали эндогенную мутацию BRAFV600E) и две нормальные клеточные линии человека (кератиноциты (HaCaT) и фибробласты). Ваникозид А (5,0 мкМ) показал более сильную цитотоксичность в отношении клеточной линии С32, при этом жизнеспособность клеток снизилась на 45% уже после 72-часовой инкубации, что возможно объясняется дополнительной ацетильной группой в молекуле [43].

Механизм действия ваникозидов на клетки меланомы более сложный, чем просто индукция апоптоза [60]. В некоторых случаях, таких как повреждение клеток кислородными радикалами, два механизма гибели клеток – апоптоз и некроз – происходят одновременно. Кроме того, ваникозиды, как и другие полифенолы, могут способствовать окислительному стрессу в раковых клетках [60].

Ваникозиды вызывают гибель клеток меланомы в концентрациях от 2,5 до 50 мкМ, не нанося вреда первичной линии фибробластов. Линия клеток кератиноцитов HaCaT более чувствительна к ваникозидам, чем фибробласты, показывая явное снижение жизнеспособности после инкубации с 25 мкМ ваникозида А, но без измеримой флуоресценции, связанной с гибелью клеток. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы гарантировать селективность в отношении раковых клеток и безопасность [43].

В настоящее время известно, что ваникозиды проявляют цитотоксичность и на клеточную линию MCF (Michigan Cancer Foundation – эпителиоподобная клеточная линия, полученная из инвазивной аденокарциномы протоков молочной

железы человека) при субмикромольных дозах [96]. А Ваникозид В ингибирует двухэтапный канцерогенез опухоли кожи у мышей, индуцированной 12-О-тетрадеcanoилфорбол-13-ацетатом, путем подавления активности фермента циклин-зависимой киназы [97].

Прочие виды активности. Фенилпропаноидные гликозиды ваникозидов А и В обладают ингибирующим действием на β -глюкозидазу [40, 58], метанольный экстракт и изокверцитрин ингибируют активность ацетилхолинэстеразы и α/β -глюкозидазы [35, 39], метанольные экстракты корней и листьев – активность ксантиноксидазы [98], 3-О- β -D-галактопиранозид кверцетина, лапатоид Д и N-транс-ферулоилтирамин – активность акарбозы [39], торахризон и торахризонглюкозид способны ингибировать α -амилазу [31]. Эмодин, фисцион, квестин и их производные обладают противомикробной и противовоспалительной активностью [31].

Таким образом, растительное сырье вида *R. sachalinensis* можно рассматривать как источник биологически активных метаболитов, имеющих подтвержденный широкий спектр использования, в том числе противовирусное и противоопухолевое средство, но необходимы дальнейшие работы по выделению и наработке значимых вторичных метаболитов и оценке их механизма действия *in vitro* и *in vivo*.

Информация о финансировании

Работа выполнена согласно государственному заданию в ФГБНУ ВИЛАР «Исследование механизма синтеза конденсированных танинов лекарственных растений и их биоактивные свойства FGUU-2025-0005».

Financial support

This work was carried out as part of the government-funded research project 'Investigation of the Synthesis Mechanism of Condensed Tannins in Medicinal Plants and Their Bioactive Properties' (FGUU-2025-

0005) at the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants" ..

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors have no conflict of interest to declare.

Список литературы

1. Ahmadu T, Ahmad K. An Introduction to Bioactive Natural Products and General Applications. In: Pal D, Nayak AK, editors. Bioactive Natural Products for Pharmaceutical Applications. Advanced Structured Materials. Cham: Springer; 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54027-2_2
2. Bhattacharjee B, Sandhanam K, Ghose S, et al. Market Overview of Herbal Medicines for Lifestyle Diseases. In: Dhara AK, Mandal SC, editors. Role of Herbal Medicines. Singapore: Springer; 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-7703-1_30
3. Bareetseng S. The worldwide herbal market: trends and opportunities. Journal of Biomedical Research and Environmental Sciences. 2022;3(5):575-584. DOI: <https://doi.org/10.37871/jbres1482>
4. Коротченко СЕ, Побыванец РИ, Карташов ЕВ. Современные тенденции и возможности производства растительных лекарственных препаратов в России. В: Волков АА, Тюрина ЕА, Усова МВ, редакторы. Новая экономика, бизнес и общество. Материалы Апрельской научно-практической конференции молодых учёных, Владивосток; 23 марта - 16 2023 г. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет; 2023. DOI: <https://doi.org/10.24866/7444-5516-3>
5. Буданцев АЛ. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растений, их компонентный состав и биологическая активность. Дополнения к 1 тому. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК; 2018.
6. Сафонова НВ, Трофимова ЕО. Обзор российского рынка растительных препаратов [Электронный ресурс]. Ремедиум. 2021 [дата обращения: 15.10.2023];3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-rossiyskogo-rynka-rastitelnyh-preparatov>
7. Тихомирова ЛИ, Щербакова ЛВ, Ильчева ТН, и др. Получение лекарственного

растительного сырья с заданным химическим составом и антибактериальной активностью. Химия растительного сырья. 2021;2:309-318. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021029043>

8. Беленовская, ЛМ, Буданцев АЛ, Битюкова НВ. *Gynostemma pentaphyllum* (Cucurbitaceae): компонентный состав и биологическая активность. Растительные ресурсы. 2018;54(4):443-495. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0033994618040015>

9. Ларинова ЮС, Маликова НА. Вторичные метаболиты лекарственных растений. Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2022;6:138-141.

10. Vinogradova Y, Kuklina A, Ryabchenko A. Taxonomic Characteristics of Vegetative Organs for Invasive Species of *Reynoutria* Hook. Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. 2021;5(1):160-168. DOI: <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0015>

11. Park CW, Bhandari GS, Won H, et al. Polyploidy and introgression in invasive giant knotweed (*Fallopia sachalinensis*) during the colonization of remote volcanic islands. Scientific Reports. 2018;8(1):16021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34025-2>

12. Kato-Noguchi H. Allelopathy of knotweeds as invasive plants. Plants. 2021;11(1):3. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants11010003>

13. Raman G, Park KT, Nam GH, et al. Characterization of the complete chloroplast genome sequence of the giant knotweed, *Fallopia sachalinensis* from the volcanic island Dokdo, Republic of Korea. Mitochondrial DNA Part B: Resources. 2019;4(2):2972-2973. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/23802359.2019.1663769>

14. Békési-Kallenberger H, Horváth G, Bencsik T, et al. Comparative Histological and Phytochemical Study of *Fallopia* species. Natural Product Communications. 2016;11(2):251-254.

15. Drazan D, Smith AG, Anderson NO, et al. History of knotweed (*Fallopia spp.*) invasiveness. Weed Science. 2021;69(6):617-623. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/wsc.2021.62>

16. Воронкова НМ, Холина АБ, Журавлев ЮН, и др. Размножение растений российского Дальнего Востока. Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН; 2023.

17. Dusz MA, Martin FM, Dommanget F, et al. Review of Existing Knowledge and Practices of Tarping for the Control of Invasive Knotweeds.

Plants. 2021;10(10):2152. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10102152>

18. Stafiniak M, Bielecka M, Kujawa K, et al. Integrative morphological, phytochemical, and molecular identification of three invasive and medicinal *Reynoutria* species. Scientific Reports. 2025;15(1):6001. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90494-2>

19. Cirlig N, Iurcu-Straistaru E, Titey V, et al. Assessment of the specific diseases in *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai Under the Influence of Environmental conditions of the republic of Moldova. Scientific Papers Series A. Agronomy. 2023;66(1):279-285.

20. Kim YJ, Park K, Jang BK, et al. Classification of dormancy types and breakout conditions in *Reynoutria sachalinensis* exhibiting seed dormancy polymorphism. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2024;65:997-1007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13580-024-00626-2>

21. Lu X, Yamaji K, Haruma T, et al. Metal Accumulation and Tolerance in *Artemisia indica* var. *maximowiczii* (Nakai) H. Hara. and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr., a Naturally Growing Plant Species at Mine Site. Minerals. 2021;11(8):806. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/min11080806>

22. Bailey JP, Conolly AP. Prize-winners to pariahs-a history of Japanese knotweed sl (Polygonaceae) in the British Isles. Watsonia. 2000;23:93-110.

23. Šerá B, Doshi P, Věchet L. Extracts from the leaves of knotweeds (*Reynoutria spp.*) have a stimulating effect on the germination and initial growth of wheat grains. Science of Nature. 2024;111(6):61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-024-01946-0>

24. European Food Safety Authority (EFSA). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Reynoutria sachalinensis* extract. EFSA Journal. 2015;13(9):4221. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4221>

25. Margaritopoulou T, Toufexi E, Kizis D, et al. *Reynoutria sachalinensis* extract elicits SA-dependent defense responses in courgette genotypes against powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii*. Scientific Reports. 2020;10:3354. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60148-6>

26. Lachowicz S, Oszmiański J, Wojdyło A, et al. UPLC-PDA-Q/TOF-MS identification of bioactive compounds and on-line UPLC-ABTS

assay in *Fallopia japonica* Houtt and *Fallopia sachalinensis* (F.Schmidt) leaves and rhizomes grown in Poland. European Food Research and Technology. 2019;245:691-706. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3191-4>

27. Zhang ZL, Li YZ, Wu GQ, et al. A comprehensive review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Reynoutria* genus. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2022;74(12):1718-1742. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpp/rgac068>

28. Pogačnik L. Bioactive substances from invasive knotweed species. Journal of EcoAgriTourism. 2020;16(1):21-25.

29. Bensa M, Glavnik V, Vovk I. Leaves of invasive plants – Japanese, Bohemian and giant knotweed – the promising new source of flavan-3-ols and proanthocyanidins. Plants. 2020;9(1):118. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9010118>

30. Nawrot-Hadzik I, Slusarczyk S, Granica S, et al. Phytochemical diversity in rhizomes of three *Reynoutria* species and their antioxidant activity correlations elucidated by LC-ESI-MS/MS analysis. Molecules. 2019;24(6):1136. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24061136>

31. Suprun AR, Kiselev KV, Aleynova OA, et al. Analysis of Phenolic Compounds of *Reynoutria sachalinensis* and *Reynoutria japonica* Growing in the Russian Far East. Plants. 2024;13(23):3330. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13233330>

32. Vrchotová N, Šerá B, Tríska J. The stilbene and catechin content of the spring sprouts of *Reynoutria* species. Acta Chromatographica. 2007;19:21-28.

33. Alrikabi AY, Protska V, Burda N, et al. The Study of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Raw Materials of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai. ACTA Pharmaceutica Scientia. 2021;59(4):549-558 DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13233330>

34. Noge K, Abe M, Tamogami S. Phenylacetonitrile from the giant knotweed, *Fallopia sachalinensis*, infested by the Japanese beetle, *Popillia japonica*, is induced by exogenous methyl jasmonate. Molecules. 2011;16(8):6481-6488. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules16086481>

35. Eom MR, Weon JB, Jung YS, et al. Simultaneous Determination of Four Compounds, Campesterol, Emodin-8-O-β-D-Glucopyranoside, Quercetin, and Isoquercitrin in *Reynoutria sachalinensis* by High-performance Liquid

Chromatography-Diode Array Detector. Pharmacognosy Magazine. 2017;13:258-261. DOI: https://doi.org/10.4103/pm.pm_289_16

36. Lachowicz S, Oszmiański J. Profile of bioactive compounds in the morphological parts of wild *Fallopia japonica* (Houtt) and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) and their antioxidative activity. Molecules. 2019;24(7):1436. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24071436>

37. Khalil AAK, Akter KM, Kim HJ, et al. Comparative inner morphological and chemical studies on *Reynoutria* species in Korea. Plants. 2020;9(2):222. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9020222>

38. Fan P, Hay AE, Marston A, et al. Chemical variability of the invasive neophytes *Polygonum cuspidatum* Siebold et Zucc. and *Polygonum sachalinensis* F. Schmidt ex Maxim. Biochemical Systematics Ecology 2009;27(1):24-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2008.11.018>

39. Fan P, Terrier L, Hay AE, et al. Antioxidant and enzyme inhibition activities and chemical profiles of *Polygonum sachalinensis* F. Schmidt ex Maxim. (Polygonaceae). Fitoterapia. 2010;81(2):124-131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.08.019>

40. Zhang X, Thuong PT, Jin W, et al. Antioxidant activity of anthraquinones and flavonoids from flower of *Reynoutria sachalinensis*. Archives of Pharmacal Research. 2005;28:22-27. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02975130>

41. Bensa M, Glavnik V, Vovk I. Flavan-3-ols and proanthocyanidins in Japanese, Bohemian and giant knotweed. Plants. 2021;10(2):402. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020402>

42. Piola F, Bellvert F, Meiffren G, et al. Invasive *Fallopia* × *bohemica* interspecific hybrids display different patterns in secondary metabolites. Ecoscience, 2013;20(3):230-239. DOI: <https://doi.org/10.2980/20-3-3597>

43. Nawrot-Hadzik I, Choromańska A, Abel R, et al. Cytotoxic effect of vanicosides a and b from *Reynoutria sachalinensis* against melanotic and amelanotic melanoma cell lines and in silico evaluation for inhibition of brafv600e and mek1. International Journal of Molecular Sciences. 2020;21(13):4611. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21134611>

44. Thomford NE, Senthebane DA, Rowe A, et al. Natural Products for Drug Discovery in the 21st Century: Innovations for Novel Drug Discovery. International Journal of Molecular

- Sciences. 2018;19(6):1578. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19061578>
45. Nawrot-Hadzik I, Zmudzinski M, Matkowski A, et al. *Reynoutria* Rhizomes as a Natural Source of SARS-CoV-2 Mpro Inhibitors- Molecular Docking and In Vitro Study. *Pharmaceuticals*. 2021;14(8):742. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph14080742>
46. Verma S, Twilley D, Esmear T, et al. Anti-SARS-CoV Natural Products With the Potential to Inhibit SARS-CoV-2 (COVID-19). *Frontiers in Pharmacology*. 2020;11:561334. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.561334>
47. Jia HP, Look DC, Shi L, et al. ACE2 receptor expression and severe acute respiratory syndrome coronavirus infection depend on differentiation of human airway epithelia. *Journal of Virology*. 2005;79(23):14614-14621. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.79.23.14614-14621.2005>
48. Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020;579(7798):270-273. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
49. Li W, Moore MJ, Vasilieva N, et al. Angiotensin-converting enzyme 2 is a functional receptor for the SARS coronavirus. *Nature*. 2003;426(6965):450-454. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02145>
50. Maroli N, Bhasuran B, Natarajan J, et al. The potential role of procyanidin as a therapeutic agent against SARS-CoV-2: A text mining, molecular docking and molecular dynamics simulation approach. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 2022;40(3):1230-1245. DOI: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1823887>
51. Kulkarni SA, Nagarajan SK, Ramesh V, et al. Computational evaluation of major components from plant essential oils as potent inhibitors of SARS-CoV-2 spike protein. *Journal of Molecular Structure*. 2020;1221:128823. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128823>
52. Ho TY, Wu SL, Chen JC, et al. Emodin blocks the SARS coronavirus spike protein and angiotensin-converting enzyme 2 interaction. *Antiviral Research*. 2007;74(2):92-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2006.04.014>
53. Gescher K, Hensel A, Hafezi W, et al. Oligomeric proanthocyanidins from *Rumex acetosa* L. inhibit the attachment of herpes simplex virus type-1. *Antiviral Research*. 2011;89(1):9-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2010.10.007>
54. Khan A, Ali SS, Khan MT, et al. Combined drug repurposing and virtual screening strategies with molecular dynamics simulation identified potent inhibitors for SARS-CoV-2 main protease (3CLpro). *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 2021;39(13):4659-4670. DOI: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1779128>
55. Kim SJ, Lee JW, Eun YG, et al. Pretreatment with a grape seed proanthocyanidin extract downregulates proinflammatory cytokine expression in airway epithelial cells infected with respiratory syncytial virus. *Molecular Medicine Reports*. 2019;19(4):3330-3336. DOI: <https://doi.org/10.3892/mmr.2019.9967>
56. Van Brummelen R, Van Brummelen AC. The potential role of resveratrol as supportive antiviral in treating conditions such as COVID-19— a formulator's perspective. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2022;148:112767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.112767>
57. Dołowacka-Jóźwiak A, Matkowski A, Nawrot-Hadzik I. Antglycoxidative Properties of Extracts and Fractions from *Reynoutria* Rhizomes. *Nutrients*. 2021;13(11):4066. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13114066>
58. Kawai Y, Kumagai H, Kurihara H, et al. β -Glucosidase inhibitory activities of phenylpropanoid glycosides, vanicoside A and B from *Polygonum sachalinense* rhizome. *Fitoterapia*. 2006;77(6):456-459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.05.008>
59. Nawrot-Hadzik I, Matkowski A, Fast M, et al. The combination of pro-oxidative acting vanicosides and GLUT1 inhibitor (WZB117) exerts a synergistic cytotoxic effect against melanoma cells. *Fitoterapia*. 2023;171:105702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105702>
60. Arakawa S, Nakanomio I, Kudo-Sakamoto Y, et al. Identification of a novel compound that inhibits both mitochondria-mediated necrosis and apoptosis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2015;467(4):1006-1011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.10.022>
61. Andersen-Civil AIS, Arora P, Williams AR. Regulation of enteric infection and immunity by dietary proanthocyanidins. *Frontiers in Immunology*. 2021;12:637603. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.637603>
62. Ortega-Arellano HF, Jimenez-Del-Rio M, Velez-Pardo C. Neuroprotective effects of

- methanolic extract of avocado *Persea americana* (var. Colinred) peel on paraquat-induced locomotor impairment, lipid peroxidation and shortage of life span in transgenic knockdown parkin drosophila melanogaster. *Neurochemical Research*. 2019;44:1986-1998. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11064-019-02835-z>
63. Мухамедьяров МА, Зефиоров АЛ. Влияние β -амилоидного пептида на функции возбудимых тканей: физиологические и патологические аспекты. *Успехи физиологических наук*. 2013;44:55-71. DOI: <https://doi.org/10.23868/gc120465>
64. Querfurth HW, LaFerla FM. Alzheimer's disease. *The New England journal of Medicine*. 2010;362:329-44 DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmra0909142>
65. Afzal O, Dalhat MN, Altamimi ASA, et al. Green tea catechins attenuate neurodegenerative diseases and cognitive deficits. *Molecules*. 2022;27(21):7604. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27217604>
66. Romeo L, Intrieri M, D'Agata V, et al. The major green tea polyphenol, (-)-epigallocatechin-3-gallate, induces heme oxygenase in rat neurons and acts as an effective neuroprotective agent against oxidative stress. *Journal of the American College of Nutrition*. 2009;28(4):492S-499S. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10718116>
67. Unno K, Pervin M, Taguchi K, et al. Green tea catechins trigger immediate-early genes in the hippocampus and prevent cognitive decline and lifespan shortening. *Molecules*. 2020;25(7):1484. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071484>
68. Chen X, Song X, Zhao X, et al. Insights into the Anti-inflammatory and Antiviral Mechanisms of Resveratrol. *Mediators of Inflammation*. 2022;2022(1):7138756. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7138756>
69. Xu J, Xu Z, Zheng W. A review of the antiviral role of green tea catechins. *Molecules*. 2017;22(8):1337. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22081337>
70. Wang Z, Huang T, Guo S, et al. Effects of emodin extracted from *Rhizoma polygoni cuspidati* in treating HSV-1 cutaneous infection in guinea pigs. *Journal of Anhui Traditional Chinese Medical College*. 2003;22:36-38.
71. Lyu SY, Rhim JY, Park WB. Antiherpetic activities of flavonoids against herpes simplex virus type 1 (HSV-1) and type 2 (HSV-2) in vitro. *Archives of Pharmacal Research*. 2005;28:1293-1301. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02978215>
72. Docherty JJ, Fu MM, Stiffler BS, et al. Resveratrol inhibition of herpes simplex virus replication. *Antiviral Research*. 1999;43(3):145-155. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-3542\(99\)00042-x](https://doi.org/10.1016/s0166-3542(99)00042-x)
73. Kohandel Z, Darrudi M, Naseri K, et al. The role of resveratrol in aging and senescence: a focus on molecular mechanisms. *Current Molecular Medicine*. 2024;24(7):867-875. DOI: <https://doi.org/10.2174/1566524023666230602162949>
74. Chang LK, Wei TT, Chiu Y-F, et al. Inhibition of Epstein-Barr virus lytic cycle by (-)-epigallocatechin gallate. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2003;301(4):1062-1068. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0006-291x\(03\)00067-6](https://doi.org/10.1016/s0006-291x(03)00067-6)
75. Yiu CY, Chen SY, Huang CW, et al. Inhibitory effects of *Polygonum cuspidatum* on the Epstein-Barr virus lytic cycle. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2011;19(2):3. DOI: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2234>
76. Liu Z, Wei F, Chen LJ, et al. In vitro and in vivo studies of the inhibitory effects of emodin isolated from *Polygonum cuspidatum* on Coxsackievirus B4. *Molecules*. 2013;18(10):11842-11858. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules181011842>
77. Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*. 2020;181(2):271-280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052>
78. Wang C, Horby PW, Hayden FG, et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *The Lancet*. 2020;395(10223):470-473. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30185-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30185-9)
79. Hilgenfeld R. From SARS to MERS: Crystallographic Studies on Coronaviral Proteases Enable Antiviral Drug Design. *FEBS Journal*. 2014;281(18):4085-4096. DOI: <https://doi.org/10.1111/febs.12936>
80. Anand K, Ziebuhr J, Wadhwani P, et al. Coronavirus Main Proteinase (3CLpro) Structure: Basis for Design of Anti-SARS Drugs. *Science*. 2003;300(5626):1763-1767. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1085658>
81. Jin Y, Yang H, Ji W, et al. Virology, Epidemiology, Pathogenesis, and Control of

COVID-19. *Viruses*. 2020;12(4):372. DOI: <https://doi.org/10.3390/v12040372>

82. Dwarka D, Agoni C, Mellem JJ, et al. Identification of potential SARS-CoV-2 inhibitors from South African medicinal plant extracts using molecular modelling approaches. *South African Journal of Botany*. 2020;133:273-284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.035>

83. Tsukuda S, Watashi K, Hojima T, et al. A new class of hepatitis B and D virus entry inhibitors, proanthocyanidin and its analogs, that directly act on the viral large surface proteins. *Hepatology*. 2017;65(4):1104-1116. DOI: <https://doi.org/10.1002/hep.28952>

84. Yang M, Wei J, Huang T, et al. Resveratrol inhibits the replication of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in cultured Vero cells. *Phytotherapy Research*. 2021;35(3):1127-1129. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.6916>

85. Lin S, Wang X, Tang RW, et al. The Extracts of *Polygonum cuspidatum* Root and Rhizome Block the Entry of SARS-CoV-2 Wild-Type and Omicron Pseudotyped Viruses via Inhibition of the S-Protein and 3CL Protease. *Molecules*. 2022;27(12):3806. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27123806>

86. Schwarz S, Wang K, Yu W, et al. Emodin inhibits current through SARS-associated coronavirus 3a protein. *Antiviral Research*. 2011;90(1):64-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2011.02.008>

87. Jang M, Park R, Park YI, et al. EGCG, a green tea polyphenol, inhibits human coronavirus replication in vitro. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2021;547:23-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2021.02.016>

88. Chen HF, Wang WJ, Chen CY, et al. The natural tannins oligomeric proanthocyanidins and punicalagin are potent inhibitors of infection by SARS-CoV-2. *eLife*. 2023;12:e84899. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.84899>

89. Lin HW, Sun MX, Wang YH, et al. Anti-HIV activities of the compounds isolated from *Polygonum cuspidatum* and *Polygonum multiflorum*. *Planta Medica*. 2010;76(9):889-892. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0029-1240796>

90. Liu S, Zhang R, Zhang X, et al. The Invasive Species *Reynoutria japonica* Houtt. as a Promising Natural Agent for Cardiovascular and Digestive System Illness. *Frontiers in Pharmacology*. 2022;13:863707. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.863707>

91. Yamaguchi K, Honda M, Ikigai H, et al. Inhibitory effects of (-)-epigallocatechin gallate on the life cycle of human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1). *Antiviral Research*. 2002;53(1):19-34. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-3542\(01\)00189-9](https://doi.org/10.1016/s0166-3542(01)00189-9)

92. Calland N, Albecka A, Belouzard S, et al. (-)-Epigallocatechin-3-gallate is a new inhibitor of hepatitis C virus entry. *Hepatology*. 2012;55(3):720-729. DOI: <https://doi.org/10.1002/hep.24803>

93. Arita M, Fuchino H. Characterization of Anti-Poliovirus Compounds Isolated from Edible Plants. *Viruses*. 2023;15(4):903. DOI: <https://doi.org/10.3390/v15040903>

94. Lamarche MJ, Borawski J, Bose A, et al. Anti-hepatitis C virus activity and toxicity of type III phosphatidylinositol-4-kinase beta inhibitors. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2012;56(10):5149-5156. DOI: <https://doi.org/10.1128/aac.00946-12>

95. Spickler C, Lippens J, Laberge MK, et al. Phosphatidylinositol 4-Kinase III Beta Is Essential for Replication of Human Rhinovirus and Its Inhibition Causes a Lethal Phenotype In Vivo. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2013;57(7):3358-3368. DOI: <https://doi.org/10.1128/AAC.00303-13>

96. Zimmermann ML, Sneden AT. Vanicosides A and B, protein kinase C inhibitors from *Polygonum pensylvanicum*. *Journal of Natural Products*. 1994;57(2):236-242. DOI: <https://doi.org/10.1021/np50104a007>

97. Kim D, Wang CY, Hu R, et al. Antitumor Activity of Vanicoside B Isolated from *Persicaria dissitiflora* by Targeting CDK8 in Triple-Negative Breast Cancer Cells. *Journal of Natural Products*. 2019;82(11):3140-3149. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b00720>

98. Vasas A, Orbán-Gyapai O, Hohmann J. The Genus *Rumex*: Review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 2015;175:198-228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.09.001>

References

1. Ahmadu T, Ahmad K. An Introduction to Bioactive Natural Products and General Applications. In: Pal D, Nayak AK, editors. *Bioactive Natural Products for Pharmaceutical Applications*. Advanced Structured Materials. Cham: Springer; 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54027-2_2

2. Bhattacharjee B, Sandhanam K, Ghose S, et al. Market Overview of Herbal Medicines for Lifestyle Diseases. In: Dhara AK, Mandal SC, editors. Role of Herbal Medicines. Singapore: Springer; 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-7703-1_30
3. Baretseng S. The worldwide herbal market: trends and opportunities. Journal of Biomedical Research and Environmental Sciences. 2022;3(5):575-584. DOI: <https://doi.org/10.37871/jbres1482>
4. Korotchenko SE, Pobyvanets RI, Kartashov EV. Modern trends and possibilities of production of herbal medicines in Russia. In: Volkov AA, Tyurina EA, Usova MV, editors. New economy, business and society. Proceedings of the April scientific and practical conference of young scientists, Vladivostok; March 23 – 16, 2023. Vladivostok: Far Eastern Federal University; 2023. Russian. DOI: <https://doi.org/10.24866/7444-5516-3>
5. Budantsev AL. Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Supplements to volume 1. SPb.; Moscow: KMK Scientific Publications Partnership; 2018. Russian.
6. Safonova NV, Trofimova EO. Review of the Russian market of herbal preparations [Internet]. Remedium. 2021 [cited 2023 Oct 15];3. Russian. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-rossijskogo-rynka-rastitelnyh-preparatov>
7. Tikhomirova LI, Shcherbakova LV, Ilcheva TN, et al. Obtaining medicinal plant raw materials with a given chemical composition and antibacterial activity. Chemistry of plant raw materials. 2021;2:309-318. Russian. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021029043>
8. Belenovskaya, LM, Budantsev AL, Bitjukova NV. Gynostemma pentaphyllum (Cucurbitaceae): component composition and biological activity. Plant Resources. 2018;54(4):443-495. Russian. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0033994618040015>
9. Larikova YuS, Malikova NA. Secondary metabolites of medicinal plants. Medicine. Sociology. Philosophy. Applied research. 2022;6:138-141. Russian.
10. Vinogradova Y, Kuklina A, Ryabchenko A. Taxonomic Characteristics of Vegetative Organs for Invasive Species of Reynoutria Hook. Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. 2021;5(1):160-168. DOI: <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0015>
11. Park CW, Bhandari GS, Won H, et al. Polyploidy and introgression in invasive giant knotweed (*Fallopia sachalinensis*) during the colonization of remote volcanic islands. Scientific Reports. 2018;8(1):16021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34025-2>
12. Kato-Noguchi H. Allelopathy of knotweeds as invasive plants. Plants. 2021;11(1):3. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants11010003>
13. Raman G, Park KT, Nam GH, et al. Characterization of the complete chloroplast genome sequence of the giant knotweed, *Fallopia sachalinensis* from the volcanic island Dokdo, Republic of Korea. Mitochondrial DNA Part B: Resources. 2019;4(2):2972-2973. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/23802359.2019.1663769>
14. Békési-Kallenberger H, Horváth G, Bencsik T, et al. Comparative Histological and Phytochemical Study of *Fallopia* species. Natural Product Communications. 2016;11(2):251-254.
15. Drazan D, Smith AG, Anderson NO, et al. History of knotweed (*Fallopia* spp.) invasiveness. Weed Science. 2021;69(6):617-623. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/wsc.2021.62>
16. Voronkova NM, Kholina AB, Zhuravlev YuN, et al. Reproduction of plants of the Russian Far East. Vladivostok: FNC Biodiversity FEB RAS; 2023. Russian.
17. Dusz MA, Martin FM, Dommanget F, et al. Review of Existing Knowledge and Practices of Tarping for the Control of Invasive Knotweeds. Plants. 2021;10(10):2152. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10102152>
18. Stafiniak M, Bielecka M, Kujawa K, et al. Integrative morphological, phytochemical, and molecular identification of three invasive and medicinal *Reynoutria* species. Scientific Reports. 2025;15(1):6001. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90494-2>
19. Cirlig N, Iurcu-Straistaru E, Titey V, et al. Assessment of the specific diseases in *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai Under the Influence of Environmental conditions of the republic of Moldova. Scientific Papers Series A. Agronomy. 2023;66(1):279-285.
20. Kim YJ, Park K, Jang BK, et al. Classification of dormancy types and breakout conditions in *Reynoutria sachalinensis* exhibiting seed dormancy polymorphism. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2024;65:997-1007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13580-024-00626-2>

21. Lu X, Yamaji K, Haruma T, et al. Metal Accumulation and Tolerance in *Artemisia indica* var. *maximowiczii* (Nakai) H. Hara. and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr., a Naturally Growing Plant Species at Mine Site. *Minerals*. 2021;11(8):806. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/min11080806>
22. Bailey JP, Conolly AP. Prize-winners to pariahs—a history of Japanese knotweed s.l. (Polygonaceae) in the British Isles. *Watsonia*. 2000;23:93-110.
23. Šerá B, Doshi P, Věchet L. Extracts from the leaves of knotweeds (*Reynoutria* spp.) have a stimulating effect on the germination and initial growth of wheat grains. *Science of Nature*. 2024;111(6):61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-024-01946-0>
24. European Food Safety Authority (EFSA). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Reynoutria sachalinensis* extract. *EFSA Journal*. 2015;13(9):4221. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4221>
25. Margaritopoulou T, Toufexi E, Kizis D, et al. *Reynoutria sachalinensis* extract elicits SA-dependent defense responses in courgette genotypes against powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii*. *Scientific Reports*. 2020;10:3354. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60148-6>
26. Lachowicz S, Oszmiański J, Wojdyło A, et al. UPLC-PDA-Q/TOF-MS identification of bioactive compounds and on-line UPLC-ABTS assay in *Fallopia japonica* Houtt and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) leaves and rhizomes grown in Poland. *European Food Research and Technology*. 2019;245:691-706. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3191-4>
27. Zhang ZL, Li YZ, Wu GQ, et al. A comprehensive review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Reynoutria* genus. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2022;74(12):1718-1742. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpp/rgac068>
28. Pogačnik L. Bioactive substances from invasive knotweed species. *Journal of EcoAgriTourism*. 2020;16(1):21-25.
29. Bensa M, Glavnik V, Vovk I. Leaves of invasive plants – Japanese, Bohemian and giant knotweed – the promising new source of flavan-3-ols and proanthocyanidins. *Plants*. 2020;9(1):118. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9010118>
30. Nawrot-Hadzik I, Slusarczyk S, Granica S, et al. Phytochemical diversity in rhizomes of three *Reynoutria* species and their antioxidant activity correlations elucidated by LC-ESI-MS/MS analysis. *Molecules*. 2019;24(6):1136. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24061136>
31. Suprun AR, Kiselev KV, Aleynova OA, et al. Analysis of Phenolic Compounds of *Reynoutria sachalinensis* and *Reynoutria japonica* Growing in the Russian Far East. *Plants*. 2024;13(23):3330. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13233330>
32. Vrchotová N, Šerá B, Tříška J. The stilbene and catechin content of the spring sprouts of *Reynoutria* species. *Acta Chromatographica*. 2007;19:21-28.
33. Alrikabi AY, Protska V, Burda N, et al. The Study of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Raw Materials of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai. *ACTA Pharmaceutica Scientia*. 2021;59(4):549-558 DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13233330>
34. Noge K, Abe M, Tamogami S. Phenylacetonitrile from the giant knotweed, *Fallopia sachalinensis*, infested by the Japanese beetle, *Popillia japonica*, is induced by exogenous methyl jasmonate. *Molecules*. 2011;16(8):6481-6488. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules16086481>
35. Eom MR, Weon JB, Jung YS, et al. Simultaneous Determination of Four Compounds, Campesterol, Emodin-8-O- β -D-Glucopyranoside, Quercetin, and Isoquercitrin in *Reynoutria sachalinensis* by High-performance Liquid Chromatography-Diode Array Detector. *Pharmacognosy Magazine*. 2017;13:258-261. DOI: https://doi.org/10.4103/pm.pm_289_16
36. Lachowicz S, Oszmiański J. Profile of bioactive compounds in the morphological parts of wild *Fallopia japonica* (Houtt) and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) and their antioxidative activity. *Molecules*. 2019;24(7):1436. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24071436>
37. Khalil AAK, Akter KM, Kim HJ, et al. Comparative inner morphological and chemical studies on *Reynoutria* species in Korea. *Plants*. 2020;9(2):222. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9020222>
38. Fan P, Hay AE, Marston A, et al. Chemical variability of the invasive neophytes *Polygonum cuspidatum* Siebold et Zucc. and *Polygonum sachalinensis* F. Schmidt ex Maxim. *Biochemical Systematics Ecology* 2009;27(1):24-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2008.11.018>

39. Fan P, Terrier L, Hay AE, et al. Antioxidant and enzyme inhibition activities and chemical profiles of *Polygonum sachalinensis* F. Schmidt ex Maxim. (Polygonaceae). *Fitoterapia*. 2010;81(2):124-131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.08.019>
40. Zhang X, Thuong PT, Jin W, et al. Antioxidant activity of anthraquinones and flavonoids from flower of *Reynoutria sachalinensis*. *Archives of Pharmacal Research*. 2005;28:22-27. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02975130>
41. Bensa M, Glavnik V, Vovk I. Flavan-3-ols and proanthocyanidins in Japanese, Bohemian and giant knotweed. *Plants*. 2021;10(2):402. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020402>
42. Piola F, Bellvert F, Meiffren G, et al. Invasive *Fallopia* × *bohemica* interspecific hybrids display different patterns in secondary metabolites. *Ecoscience*, 2013;20(3):230-239. DOI: <https://doi.org/10.2980/20-3-3597>
43. Nawrot-Hadzik I, Choromańska A, Abel R, et al. Cytotoxic effect of vanicosides a and b from *Reynoutria sachalinensis* against melanotic and amelanotic melanoma cell lines and in silico evaluation for inhibition of brafv600e and mek1. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(13):4611. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21134611>
44. Thomford NE, Senthebane DA, Rowe A, et al. Natural Products for Drug Discovery in the 21st Century: Innovations for Novel Drug Discovery. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018;19(6):1578. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19061578>
45. Nawrot-Hadzik I, Zmudzinski M, Matkowski A, et al. *Reynoutria* Rhizomes as a Natural Source of SARS-CoV-2 Mpro Inhibitors- Molecular Docking and In Vitro Study. *Pharmaceuticals*. 2021;14(8):742. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph14080742>
46. Verma S, Twilley D, Esmear T, et al. Anti-SARS-CoV Natural Products With the Potential to Inhibit SARS-CoV-2 (COVID-19). *Frontiers in Pharmacology*. 2020;11:561334. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.561334>
47. Jia HP, Look DC, Shi L, et al. ACE2 receptor expression and severe acute respiratory syndrome coronavirus infection depend on differentiation of human airway epithelia. *Journal of Virology*. 2005;79(23):14614-14621. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.79.23.14614-14621.2005>
48. Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020;579(7798):270-273. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
49. Li W, Moore MJ, Vasilieva N, et al. Angiotensin-converting enzyme 2 is a functional receptor for the SARS coronavirus. *Nature*. 2003;426(6965):450-454. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02145>
50. Maroli N, Bhasuran B, Natarajan J, et al. The potential role of procyanidin as a therapeutic agent against SARS-CoV-2: A text mining, molecular docking and molecular dynamics simulation approach. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 2022;40(3):1230-1245. DOI: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1823887>
51. Kulkarni SA, Nagarajan SK, Ramesh V, et al. Computational evaluation of major components from plant essential oils as potent inhibitors of SARS-CoV-2 spike protein. *Journal of Molecular Structure*. 2020;1221:128823. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128823>
52. Ho TY, Wu SL, Chen JC, et al. Emodin blocks the SARS coronavirus spike protein and angiotensin-converting enzyme 2 interaction. *Antiviral Research*. 2007;74(2):92-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2006.04.014>
53. Gescher K, Hensel A, Hafezi W, et al. Oligomeric proanthocyanidins from *Rumex acetosa* L. inhibit the attachment of herpes simplex virus type-1. *Antiviral Research*. 2011;89(1):9-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2010.10.007>
54. Khan A, Ali SS, Khan MT, et al. Combined drug repurposing and virtual screening strategies with molecular dynamics simulation identified potent inhibitors for SARS-CoV-2 main protease (3CLpro). *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 2021;39(13):4659-4670. DOI: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1779128>
55. Kim SJ, Lee JW, Eun YG, et al. Pretreatment with a grape seed proanthocyanidin extract downregulates proinflammatory cytokine expression in airway epithelial cells infected with respiratory syncytial virus. *Molecular Medicine Reports*. 2019;19(4):3330-3336. DOI: <https://doi.org/10.3892/mmr.2019.9967>
56. Van Brummelen R, Van Brummelen AC. The potential role of resveratrol as supportive antiviral in treating conditions such as COVID-19— a formulator's perspective. *Biomedicine and*

- Pharmacotherapy. 2022;148:112767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.112767>
57. Dołowacka-Jóźwiak A, Matkowski A, Nawrot-Hadzik I. Antiglycoxidative Properties of Extracts and Fractions from *Reynoutria* Rhizomes. *Nutrients*. 2021;13(11):4066. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13114066>
58. Kawai Y, Kumagai H, Kurihara H, et al. β -Glucosidase inhibitory activities of phenylpropanoid glycosides, vanicoside A and B from *Polygonum sachalinense* rhizome. *Fitoterapia*, 2006;77(6):456-459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.05.008>
59. Nawrot-Hadzik I, Matkowski A, Fast M, et al. The combination of pro-oxidative acting vanicosides and GLUT1 inhibitor (WZB117) exerts a synergistic cytotoxic effect against melanoma cells. *Fitoterapia*. 2023;171:105702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105702>
60. Arakawa S, Nakanomio I, Kudo-Sakamoto Y, et al. Identification of a novel compound that inhibits both mitochondria-mediated necrosis and apoptosis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2015;467(4):1006-1011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.10.022>
61. Andersen-Civil AIS, Arora P, Williams AR. Regulation of enteric infection and immunity by dietary proanthocyanidins. *Frontiers in Immunology*. 2021;12:637603. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.637603>
62. Ortega-Arellano HF, Jimenez-Del-Rio M, Velez-Pardo C. Neuroprotective effects of methanolic extract of avocado *Persea americana* (var. Colinred) peel on paraquat-induced locomotor impairment, lipid peroxidation and shortage of life span in transgenic knockdown parkin drosophila melanogaster. *Neurochemical Research*. 2019;44:1986-1998. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11064-019-02835-z>
63. Mukhamedyarov MA, Zefirov AL. Effect of β -amyloid peptide on the functions of excitable tissues: physiological and pathological aspects. *Advances in Physiological Sciences*. 2013;44:55-71. Russian. DOI: <https://doi.org/10.23868/gc120465>
64. Querfurth HW, LaFerla FM. Alzheimer's disease. *The New England journal of Medicine*. 2010;362:329-44. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmra0909142>
65. Afzal O, Dalhat MN, Altamimi ASA, et al. Green tea catechins attenuate neurodegenerative diseases and cognitive deficits. *Molecules*. 2022;27(21):7604. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27217604>
66. Romeo L, Intrieri M, D'Agata V, et al. The major green tea polyphenol, (-)-epigallocatechin-3-gallate, induces heme oxygenase in rat neurons and acts as an effective neuroprotective agent against oxidative stress. *Journal of the American College of Nutrition*. 2009;28(4):492S-499S. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10718116>
67. Unno K, Pervin M, Taguchi K, et al. Green tea catechins trigger immediate-early genes in the hippocampus and prevent cognitive decline and lifespan shortening. *Molecules*. 2020;25(7):1484. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071484>
68. Chen X, Song X, Zhao X, et al. Insights into the Anti-inflammatory and Antiviral Mechanisms of Resveratrol. *Mediators of Inflammation*. 2022;2022(1):7138756. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7138756>
69. Xu J, Xu Z, Zheng W. A review of the antiviral role of green tea catechins. *Molecules*. 2017;22(8):1337. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22081337>
70. Wang Z, Huang T, Guo S, et al. Effects of emodin extracted from *Rhizoma polygoni cuspidati* in treating HSV-1 cutaneous infection in guinea pigs. *Journal of Anhui Traditional Chinese Medical College*. 2003;22:36-38.
71. Lyu SY, Rhim JY, Park WB. Antiherpetic activities of flavonoids against herpes simplex virus type 1 (HSV-1) and type 2 (HSV-2) in vitro. *Archives of Pharmacal Research*. 2005;28:1293-1301. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02978215>
72. Docherty JJ, Fu MM, Stiffler BS, et al. Resveratrol inhibition of herpes simplex virus replication. *Antiviral Research*. 1999;43(3):145-155. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-3542\(99\)00042-x](https://doi.org/10.1016/s0166-3542(99)00042-x)
73. Kohandel Z, Darrudi M, Naseri K, et al. The role of resveratrol in aging and senescence: a focus on molecular mechanisms. *Current Molecular Medicine*. 2024;24(7):867-875. DOI: <https://doi.org/10.2174/1566524023666230602162949>
74. Chang LK, Wei TT, Chiu Y-F, et al. Inhibition of Epstein-Barr virus lytic cycle by (-)-epigallocatechin gallate. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2003;301(4):1062-1068. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0006-291x\(03\)00067-6](https://doi.org/10.1016/s0006-291x(03)00067-6)

75. Yiu CY, Chen SY, Huang CW, et al. Inhibitory effects of *Polygonum cuspidatum* on the Epstein-Barr virus lytic cycle. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2011;19(2):3. DOI: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2234>
76. Liu Z, Wei F, Chen LJ, et al. In vitro and in vivo studies of the inhibitory effects of emodin isolated from *Polygonum cuspidatum* on Coxsackievirus B4. *Molecules*. 2013;18(10):11842-11858. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules181011842>
77. Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*. 2020;181(2):271-280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052>
78. Wang C, Horby PW, Hayden FG, et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *The Lancet*. 2020;395(10223):470-473. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30185-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30185-9)
79. Hilgenfeld R. From SARS to MERS: Crystallographic Studies on Coronaviral Proteases Enable Antiviral Drug Design. *FEBS Journal*. 2014;281(18):4085-4096. DOI: <https://doi.org/10.1111/febs.12936>
80. Anand K, Ziebuhr J, Wadhwani P, et al. Coronavirus Main Proteinase (3CLpro) Structure: Basis for Design of Anti-SARS Drugs. *Science*. 2003;300(5626):1763-1767. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1085658>
81. Jin Y, Yang H, Ji W, et al. Virology, Epidemiology, Pathogenesis, and Control of COVID-19. *Viruses*. 2020;12(4):372. DOI: <https://doi.org/10.3390/v12040372>
82. Dwarka D, Agoni C, Mellem JJ, et al. Identification of potential SARS-CoV-2 inhibitors from South African medicinal plant extracts using molecular modelling approaches. *South African Journal of Botany*. 2020;133:273-284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.035>
83. Tsukuda S, Watashi K, Hojima T, et al. A new class of hepatitis B and D virus entry inhibitors, proanthocyanidin and its analogs, that directly act on the viral large surface proteins. *Hepatology*. 2017;65(4):1104-1116. DOI: <https://doi.org/10.1002/hep.28952>
84. Yang M, Wei J, Huang T, et al. Resveratrol inhibits the replication of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in cultured Vero cells. *Phytotherapy Research*. 2021;35(3):1127-1129. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.6916>
85. Lin S, Wang X, Tang RW, et al. The Extracts of *Polygonum cuspidatum* Root and Rhizome Block the Entry of SARS-CoV-2 Wild-Type and Omicron Pseudotyped Viruses via Inhibition of the S-Protein and 3CL Protease. *Molecules*. 2022;27(12):3806. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27123806>
86. Schwarz S, Wang K, Yu W, et al. Emodin inhibits current through SARS-associated coronavirus 3a protein. *Antiviral Research*. 2011;90(1):64-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2011.02.008>
87. Jang M, Park R, Park YI, et al. EGCG, a green tea polyphenol, inhibits human coronavirus replication in vitro. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2021;547:23-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2021.02.016>
88. Chen HF, Wang WJ, Chen CY, et al. The natural tannins oligomeric proanthocyanidins and punicalagin are potent inhibitors of infection by SARS-CoV-2. *eLife*. 2023;12:e84899. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.84899>
89. Lin HW, Sun MX, Wang YH, et al. Anti-HIV activities of the compounds isolated from *Polygonum cuspidatum* and *Polygonum multiflorum*. *Planta Medica*. 2010;76(9):889-892. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0029-1240796>
90. Liu S, Zhang R, Zhang X, et al. The Invasive Species *Reynoutria japonica* Houtt. as a Promising Natural Agent for Cardiovascular and Digestive System Illness. *Frontiers in Pharmacology*. 2022;13:863707. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.863707>
91. Yamaguchi K, Honda M, Ikgai H, et al. Inhibitory effects of (-)-epigallocatechin gallate on the life cycle of human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1). *Antiviral Research*. 2002;53(1):19-34. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-3542\(01\)00189-9](https://doi.org/10.1016/s0166-3542(01)00189-9)
92. Calland N, Albecka A, Belouzard S, et al. (-)-Epigallocatechin-3-gallate is a new inhibitor of hepatitis C virus entry. *Hepatology*. 2012;55(3):720-729. DOI: <https://doi.org/10.1002/hep.24803>
93. Arita M, Fuchino H. Characterization of Anti-Poliiovirus Compounds Isolated from Edible Plants. *Viruses*. 2023;15(4):903. DOI: <https://doi.org/10.3390/v15040903>
94. Lamarche MJ, Borawski J, Bose A, et al. Anti-hepatitis C virus activity and toxicity of type III phosphatidylinositol-4-kinase beta inhibitors. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2012;56(10):5149-5156. DOI: <https://doi.org/10.1128/aac.00946-12>

95. Spickler C, Lippens J, Laberge MK, et al. Phosphatidylinositol 4-Kinase III Beta Is Essential for Replication of Human Rhinovirus and Its Inhibition Causes a Lethal Phenotype In Vivo. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2013;57(7):3358-3368. DOI: <https://doi.org/10.1128/AAC.00303-13>

96. Zimmermann ML, Sneden AT. Vanicosides A and B, protein kinase C inhibitors from *Polygonum pensylvanicum*. *Journal of Natural Products*. 1994;57(2):236-242. DOI: <https://doi.org/10.1021/np50104a007>

97. Kim D, Wang CY, Hu R, et al. Antitumor Activity of Vanicoside B Isolated from *Persicaria dissitiflora* by Targeting CDK8 in Triple-Negative Breast Cancer Cells. *Journal of Natural Products*. 2019;82(11):3140-3149. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b00720>

98. Vasas A, Orbán-Gyapai O, Hohmann J. The Genus *Rumex*: Review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 2015;175:198-228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.09.001>

Статья поступила в редакцию 16 апреля 2025 г.
Поступила после доработки 25 мая 2025 г.
Принята к печати 9 июня 2025 г.

Received 16 April 2025

Revised 25 May 2025

Accepted 9 June 2025

Информация об авторах

Елена Григорьевна Жничкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геномики и биохимии лекарственных растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва, Российская Федерация,

E-mail: emili-07@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2260-293X>.

Татьяна Анатольевна Кроть, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией геномики и биохимии лекарственных растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва, Российская Федерация, E-mail: tatianakroll1@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4642-651X>.

Дмитрий Николаевич Балеев, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва, Российская Федерация, E-mail: dbaleev@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1228-0594>.

Information about the authors

Elena G. Zhnichkova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Laboratory of Genomics and Biochemistry of Medicinal Plants, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia, E-mail: emili-07@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2260-293X>.

Tatyana A. Krol, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Head of the Laboratory of Genomics and Biochemistry of Medicinal Plants, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia, E-mail: tatianakroll1@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4642-651X>.

Dmitry N. Baleev, Doct. Sci. (Agriculture), Deputy Director, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia, E-mail: dbaleev@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1228-0594>.