

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*181:579.61

ХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Ю. П. Демаков^{1,2}, А. В. Исаев², В. И. Таланцев¹, О. В. Малюта¹

¹Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: DemakovYP@volgatech.net; TalancevVI@volgatech.net; MalytaOV@volgatech.net

²Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»,
Российская Федерация, 424038, Йошкар-Ола, ул. Воинов-Интернационалистов, 26
E-mail: avsacha@yandex.ru

Проведён подробный анализ литературных источников по оценке роли прижизненных выделений (экзометаболитов) растений в формировании видовой структуры и поддержании устойчивости функционирования лесных экосистем и агроценозов. Приведены результаты оценки содержания в водных экстрактах 12 видов лесных растений подвижных форм ряда металлов и лабораторного опыта по воздействию их на почву и состояние тест-организмов. Сделан вывод о том, что экзометаболиты растений являются мощным экологическим фактором, оказывающим влияние не только на формирование видовой структуры фитоценозов, но и на их состояние, продуктивность, устойчивость функционирования и непрерывность круговорота веществ.

Ключевые слова: лесные растения; водные экстракты; элементный состав; почва; подвижные формы металлов; тест-организмы.

Введение. Каждый вид растения в процессе своей жизнедеятельности выделяет в окружающую среду разнообразные органические и минеральные вещества, которые оказывают существенное влияние на состояние и структуру всего биогеоценоза, обеспечивая его устойчивое функционирование и непрерывный круговорот веществ. Изучение состава прижизненных выделений растений (экзометаболитов) и выяснение их роли в жизни фитоценозов имеет, в связи с этим, большое практическое значение.

Цель работы – детальный анализ литературных источников по химической и биологической активности прижизненных выделений растений и проведение серии контрольных лабораторных экспериментов по влиянию их на содержание подвижных форм металлов в суглинистой почве и состояние тест-объектов.

Состояние вопроса. К настоящему времени наукой накоплен значительный материал о биохимических (аллелопатических) взаимоотношениях растений в

© Демаков Ю. П., Исаев А. В., Таланцев В. И., Малюта О. В., 2015.

Для цитирования: Демаков Ю. П., Исаев А. В., Таланцев В. И., Малюта О. В. Химическая и биологическая активность водных экстрактов лесных растений // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 2 (26). – С. 57-76.

лесных экосистемах и агроценозах [1–11], свидетельствующий о том, что прижизненные выделения (экзометаболиты) и опад одного вида могут либо стимулировать, либо угнетать развитие других видов. Так, по данным М. В. Колесниченко [2], берёза повислая и дуб влияют на сосну обыкновенную отрицательно, а лиственница – положительно. Липа, вяз и сосна положительно влияют на лиственницу, а лещина и липа – на дуб; осина же и тополь канадский действуют на него отрицательно, снижая фотосинтез листвы на 7–14 %. Дуб индифферентен к выделениям ели, а она же испытывает с его стороны негативное влияние. Воздушные фитонциды берёзы стимулируют фотосинтез у дуба, а корневые выделения, наоборот, снижают его. Неблагоприятное действие на состояние и рост всходов дуба оказывают водные вытяжки из его листьев или корней, а также порубочные остатки на вырубке [12]. Подобное действие оказывает и почва из-под вековых деревьев дуба. На почве из-под смешанных древостоев сеянцы дуба росли в опыте лучше, чем на почве из-под его монокультуры [13]. Водные вытяжки из корней липы мелколистной и гледичии трёхключковой оказывают на рост всходов дуба стимулирующее воздействие, а сеянцы сосны, выращенные из семян, обработанных водными экстрактами из её хвои и листьев берёзы, характеризуются более интенсивным ростом и высокой устойчивостью к засухе [14, 15].

Достаточно хорошо известно положительное влияние на развитие сельскохозяйственных культур пожнивных и корневых остатков предшествующих культур, а также компостов и водных вытяжек из сорных растений [16]. Так, к примеру, компосты из лебеды оказывают положительное влияние на развитие огородных культур, а водные экстракты из крапивы используются при борьбе с вредителями и болезнями растений [17]. На основе водных вытяжек из хвои сосны и пихты изготовлен препарат «Экстрафлор» (www.euro-semena.ru/gellery), который оказывает стимулирующее дей-

ствие на многие огородные и цветочные культуры, подавляя при этом развитие патогенов. Выделения же многих сорных растений часто являются причиной снижения урожайности культурных растений, фитонциды которых, в свою очередь, подавляют рост и развитие сорняков [18–20]. Так, к примеру, корни льна выделяют целый ряд ароматических соединений, обладающих ингибирующим действием не только на многие виды растений, но и на микрофлору, корни овса – токсический скополетин, яблони – ядовитый флоридин, персика – амигдалин, и т. д. Исследования некоторых учёных [21] показали, что водные вытяжки из листьев, корней и опада древесных пород отрицательно воздействуют на прорастание семян, рост и продуктивность многих сельскохозяйственных культур. Наибольшее негативное воздействие на пшеницу оказывает тополь бальзамический, а на ячмень – берёза повислая. Водные экстракты растений семейства подорожниковые *Plantaginaceae* характеризуются высокой железо-связывающей и пребиотической активностью [22]. Базируясь на знаниях о токсических свойствах корневых выделений растений, ботаник О. Декандоль ещё в начале 18 века, как отмечает В. П. Иванов [3], попытался создать теорию сельскохозяйственных севооборотов, однако, не имея достаточного экспериментального материала, не смог выстроить чёткую схему чередования культур.

Водные вытяжки растений создаются не только искусственно в лабораторных условиях. Они образуются и естественным путём. Многими исследователями установлено, что атмосферные осадки, проходя через полог леса, существенным образом изменяют свой состав, не только смывая с листьев осевшую пыль, но и насыщаясь продуктами метаболизма растений и других организмов, а также выщелачивая часть химических элементов из живых клеток, активно воздействуя на все биоценотические процессы, в том числе и на процесс почвообразования [23–43]. Наиболее значительно возрастает в подкороновых

осадках содержание азота, гидрокарбонатов, серы, сульфатов, калия, кальция, натрия, марганца, железа, цинка и меди. Степень трансформации состава атмосферных осадков зависит от вида древесных растений. Так, И. К. Свиридова [23] отмечает, что под кронами осин дождевая вода более насыщена кальцием, чем под кронами сосен. В подмосковных смешанных лесах наибольшая концентрация кальция, калия и магния отмечена в дождевой воде под деревьями липы [26]. Установлено также, что под кроны сосняков и ельников черничниковых этих элементов поступает больше, чем под кроны ельников кисличниковых и березняков разнотравных. В ельнике-кисличнике с мая по сентябрь 1966 года из кроны деревьев было вымыто 32,1 кг/га различных элементов, а в однотипном березняке на 14,7 кг/га меньше [31]. В среднетаёжных лесах концентрация калия в дождевой воде под деревьями ели была значительно выше, чем под деревьями сосны, берёзы и осины [40].

Влияние растений друг на друга происходит в основном не прямо, а опосредованно через изменение физических, химических и микробиологических параметров почвы. Так, водорастворимые вещества листьев и корней ясеня, бука и лиственницы в концентрациях, близких к существующим в природных условиях (1:100 – 1:200), увеличивают скорость инфильтрации влаги через оподзоленный чернозём, серую лесную и дерново-подзолистую почвы, а экзометаболиты дуба и ели, содержащие дубильные вещества, флавоноиды, сапонины и многие другие биологически активные вещества, снижают её [44, 45], что приводит к заболачиванию пониженных участков леса [13]. На положительном влиянии выделений растений на свойства почв основана, в частности, биологическая мелиорация земель [46].

Большая роль растительности в процессе образования и развития почв была доказана, как отмечает в своей работе Л. О. Карпачевский [47], уже более 100 лет назад В. В. Докучаевым, однако этот во-

прос не потерял своей актуальности и поныне, что связано: 1) с его большим практическим значением, 2) с разнообразием природно-климатических условий и почв, обуславливающих специфику проявления биогеоценологических процессов в различных регионах России и Земного шара; 3) с совершенствованием методов и аппаратуры почвенно-экологических исследований, позволяющих открыть ранее не изученные явления; 4) с наличием противоречий в результатах различных авторов.

Многочисленные исследования [48–60] показали, что эдификаторная роль древесных растений выражается в изменении температурно-гидрологического режима биогеоценоза, состава атмосферных осадков, массы опада и лесной подстилки, структуры и биомассы подпологовой растительности, численности и активности различных деструкторов органического вещества. Характер и степень влияния древесных растений на почву зависит от их вида, возраста, степени сомкнутости полога леса, рельефа местности и климата. Так, к примеру, в осинниках и березняках фитомасса подпологовой растительности и подстилки выше, чем в сосновых и еловых культурах, произрастающих в сходных лесорастительных условиях [61], а подстилки ельников отличаются от подстилок липняков меньшим содержанием гидролизуемого азота и подвижного фосфора, меньшей насыщенностью основаниями, но более высоким содержанием гуминовых кислот [56, 57]. Под влиянием продуктов разложения подстилки в почвах ельников протекает ярко выраженный подзолистый процесс, степень проявления которого в почвах липняков гораздо слабее. Степень разложения еловых подстилок увеличивается с возрастанием в них примеси лиственного опада. Почвы липняков обладают, по сравнению с почвами ельников, лучшими лесорастительными свойствами, а дерново-подзолистые почвы под культурами дуба, по сравнению с культурами сосны, имеют меньшую кислотность и более высокое содержание гумуса, азота и обменных осно-

ваний. В то же время действие одних и тех же видов растений на почву в разных биогеоценозах проявляется, как отмечает Л. О. Карпачевский [47], неодинаково и во многом зависит от физико-географических условий. Так, берёза в лесной зоне способствует, по сравнению с дубом, осиной, лиственницей и сосной, большему накоплению гумуса в верхнем горизонте почвы, однако в лесостепной она уже уступает дубу и сравнивается с сосной. Установлено также, что содержание основных элементов питания растений и кислотность почвы закономерно изменяются в градиенте фитогенного поля деревьев по мере удаления от их стволов [47, 62, 63].

Анализ литературы показал, таким образом, что прижизненные выделения растений (экзометаболиты) и вещества, вымываемые из их опада, являются довольно мощным экологическим фактором, оказывающим влияние не только на формирование видовой структуры фитоценозов, но и на их состояние, продуктивность, устойчивость функционирования и непрерывность круговорота веществ. Этот вопрос, несмотря на большое число публикаций, изучен, однако, недостаточно глубоко и всесторонне. Особенно слабо изучено влияние экзометаболитов растений на почву, что связано со сложностью этого компонента экосистем, реакция которого на внешнее воздействие зависит от многих факторов, вычленив которые в природных условиях часто

невозможно. Оценку влияния экзометаболитов растений на свойства почвы целесообразно, в связи с этим, проводить в лабораторных условиях, а уж затем переходить к проверке результатов полевыми опытами.

Объекты и методика исследования.

Опыты были проведены в 2014 году в лаборатории Центра коллективного пользования научным оборудованием Поволжского государственного технологического университета. Для приготовления водных вытяжек растений брали их листья массой 5 г в естественном (невысушенном) состоянии, помещали в стеклянные колбы, заливали дистиллированной водой объемом 100 мл и выдерживали в течение 24 часов. Определение содержания в растворе ионов металлов проводили на атомно-абсорбционном спектрометре AAnalyst 400 (PerkinElmer, USA, 2008) по типовым методикам [64, 65]. Стандартные калибровочные растворы и растворы исследуемых образцов вводили в пламя горелки последовательно через распылитель. В качестве горючего газа использовали ацетилен, окислителя – воздух, а калибровочного раствора – 0,1 М раствор HNO_3 . Вся мерная посуда (пипетки, колбы) была предварительно откалибрована по дистиллированной воде. Каждую пробу анализировали на спектрометре три раза и вычисляли среднее значение по образцу. Основные сведения об условиях проведения анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения химического анализа образцов методом атомной абсорбции

Элемент	Основные характеристики метода и условий проведения анализа							
	Длина волны, нм	Высота щели, мм	Ширина щели, мм	Расход горючего газа, л/мин	Расход окислителя, л/мин	Ток лампы, мА	Стандартные калибровочные концентрации, мг/дм ³	Погрешность измерения, %
Ca^{2+}	422,67	2,7	1,05	2,50	10,00	-	0; 5; 10; 25; 50; 100	±0,9
K^+	766,49	2,7	0,45	2,50	10,00	-	0; 2; 5; 10; 25; 50	±1,1
Mn^{2+}	279,48	1,8	0,60	3,78	10,78	20	0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10	±1,4
Zn^{2+}	213,86	2,7	1,80	2,66	10,44	20	0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 5	±1,3
Cu^{2+}	324,75	2,7	1,35	3,14	11,32	30	0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10	±1,8
Fe^{3+}	248,33	1,8	1,35	2,50	10,00	30	0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10	±1,2
Ni^{2+}	232,00	1,8	1,35	3,02	10,24	30	0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0	±3,0

Для оценки химической активности водных вытяжек растений использовали образец верхнего горизонта (0–20 см) аллювиально-луговой легкоглинистой (содержание физической глины составляло 54,3 %, а илистых частиц – 25,2 %) сильно гумусированной (5,6 %) почвы, взятой под 55-летними культурами лиственницы сибирской, созданными на лугу в пойме р. Малая Кокшага (лесопарк «Дубовая роща», г. Йошкар-Ола). Содержание подвижных оснований (Ca+Mg) в образце составляло 26,4 мг/экв. на 100 г почвы, K₂O – 3,0 мг на 100 г, P₂O₅ – 5,7 мг на 100 г.

Последовательность проведения опыта была следующей: почву высушивали, отбирали образец массой 5 г, помещали в колбу, заливали 50 мл полученной и отфильтрованной вытяжки определённого вида растения, выдерживали в течение 24 часов. Полученные растворы отфильтровывали в мерные колбы, доводя их объём до 50 мл, разбавляя дистиллированной водой. В качестве контрольного раствора использовали дистиллированную воду. Для определения содержания подвижных форм ионов металлов образец почвы массой 5 г экстрагировали смесью кислот (1 мл концентрированной химически чистой азотной и 3 мл концентрированной особо чистой соляной), а также аммонийно-ацетатного буфера (108 мл CH₃COOH + 75 мл NH₄OH + H₂O = 1000 мл раствора, pH=4,8) объёмом 50 мл. Полученные растворы пропускали через обеззоленные фильтры в мерные колбы и разбавляли дистиллированной водой, доводя объём до 25 мл, и на атомно-абсорбционном спектрометре оценивали в них содержание ионов металлов.

Биологическую активность водных вытяжек растений оценивали по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла *Chlorella vulgaris* Beijer. [66], по смертности и изменению плодовитости дафний *Daphnia magna* Straus. [67], изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции [68], всхожести семян и развитию проростков редиса.

Полученный цифровой материал обрабатывали на ПК с использованием стандартных методов математической статистики и пакетов прикладных программ Excel и STATISTICA.

Результаты опыта и их интерпретация. Химический анализ растворов показал, что содержание ионов металлов в них изменялось в очень больших пределах (табл. 2), что связано, вероятно, как с составом клеточного сока растений, так и проницаемостью кутикулы их листьев. Лидером по содержанию всех элементов, кроме кальция и железа, являлись растворы, в которых вымачивались листья осины. Концентрация же кальция и железа была наибольшей в экстрактах листьев липы. Меньше всего этих элементов содержалось в вытяжках из листьев ландыша, а марганца – из стеблей сфагнума. Ионов железа не обнаружено в растворах, в которых вымачивались листья берёзы, орляка, сосны и ели, цинка – ландыша и можжевельника, меди – берёзы и можжевельника. Никель не обнаружен в вытяжках пяти видов растений: ели, можжевельника, берёзы, орляка и кладонии. Довольно значительно изменялось также значение pH экстрактов, хотя реакция всех их была близка к нейтральной или слабощелочной. Наиболее высокое значение pH имели вытяжки из хвой можжевельника, а наиболее низкое – из стеблей сфагнума. Очень сильно варьирует в вытяжках отношение содержания калия к кальцию. Высокие значения этой величины имеют вытяжки из сфагнума, в которых калия в 34,2 раза больше, чем кальция, и из орляка (25,2). В вытяжках же из листьев ландыша и липы отношения содержания калия к кальцию самые низкие (0,5–1,7).

Водные вытяжки растений, как показал кластерный анализ, объединяются друг с другом по относительной величине концентрации в них химических элементов в четыре однородные группы (рис. 1). В первую группу вошли вытяжки четырёх видов (сосны обыкновенной, папоротника орляка, дуба черешчатого и берёзы), отли-

чающиеся от других самым низким содержанием меди (рис. 2). Во второй кластер, являющийся наиболее представительным, вошли шесть видов растений (ель, можжевельник, кладония лесная, ландыш майский, мох Шребера и сфагнум), вытяжки

которых имеют самое низкое содержание кальция, калия, марганца, цинка и никеля. Вытяжки из листьев липы отличаются от всех остальных очень высоким содержанием кальция и железа, а осины – всех химических элементов, особенно цинка и меди.

Таблица 2

Реакция среды и содержание химических элементов в водных вытяжках различных лесных растений

Растение	рН	Содержание элементов в растворе, мг/л							К/Са
		Ca ²⁺	K ⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	
Сосна	6,66	420,7	4393,0	0,00	12,2	1,05	0,09	0,70	10,4
Ель	6,46	71,87	508,3	0,00	21,1	1,27	0,10	0,00	7,1
Можжевельник	7,27	66,67	466,7	0,36	4,18	0,00	0,00	0,00	7,0
Берёза	6,77	245,0	1358,0	0,00	102,0	6,79	0,00	0,00	5,5
Осина	7,04	532,1	5556,0	3,79	130,9	33,1	10,5	1,74	10,4
Липа	7,11	2519,0	4350,0	3,93	75,2	1,67	1,33	0,65	1,7
Дуб	6,61	438,0	2794,0	1,72	67,7	0,61	0,06	1,08	6,4
Орляк	6,53	206,3	5188,0	0,00	7,79	0,49	0,08	0,00	25,2
Ландыш	6,80	1,172	0,638	0,64	39,1	0,00	1,17	0,40	0,5
Мох Шребера	6,32	31,76	287,9	2,18	6,58	1,42	0,97	0,38	9,1
Сфагнум	6,00	56,04	1919,0	2,89	1,31	0,33	0,52	0,38	34,2
Кладония	6,30	31,85	247,5	1,34	1,82	0,09	0,09	0,00	7,8

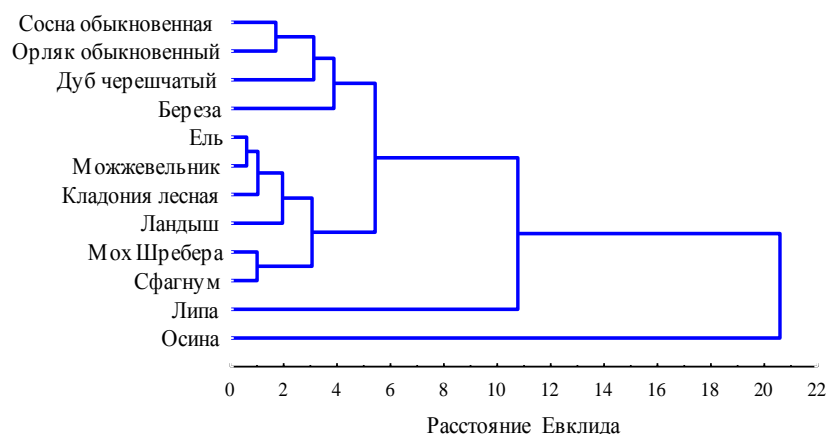


Рис. 1. Дендрограмма сходства химического состава экстрактов различных растений

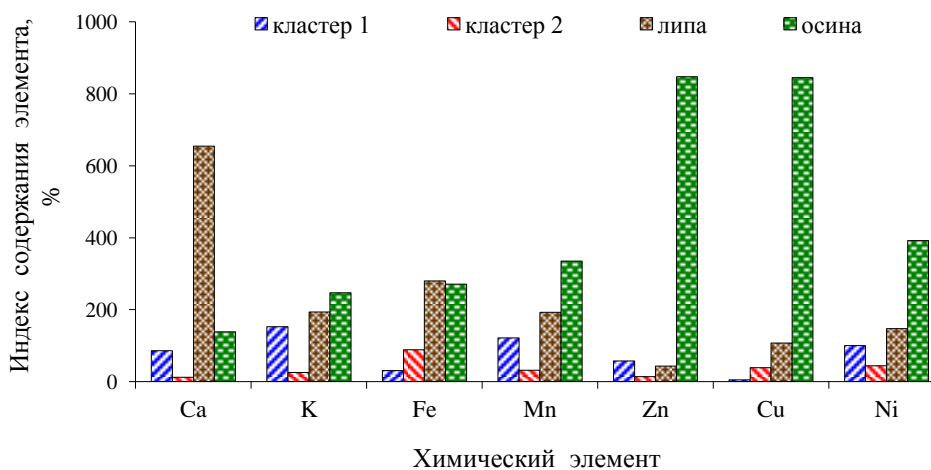


Рис. 2. Содержание химических элементов в экстрактах растений разных кластеров

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции между концентрацией элементов в экстрактах растений

Элемент	Значения коэффициента корреляции между концентрацией элементов в вытяжке							
	pH	Ca ²⁺	K ⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺
pH	1,00							
Ca ²⁺	0,46	1,00						
K ⁺	0,26	0,51	1,00					
Fe ³⁺	0,06	0,57	0,34	1,00				
Mn ²⁺	0,51	0,42	0,42	0,41	1,00			
Zn ²⁺	0,35	0,09	0,48	0,46	0,75	1,00		
Cu ²⁺	0,34	0,15	0,48	0,59	0,66	0,96	1,00	
Ni ²⁺	0,27	0,32	0,59	0,65	0,64	0,72	0,78	1,00

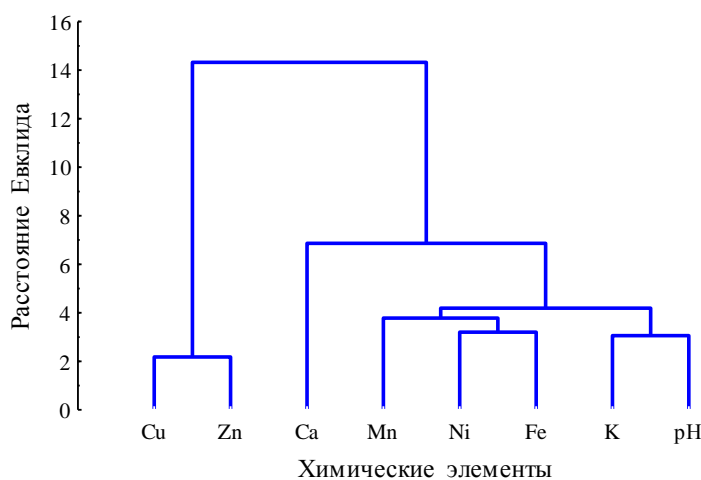


Рис. 3. Дендрограмма сходства содержания химических элементов в вытяжках растений, выполненная способом Варда по матрице нормированных данных

От величины pH вытяжек в определённой мере зависела концентрация в них кальция и марганца (табл. 3). На концентрацию остальных элементов величина pH воздействие оказывает очень слабое, а на концентрацию железа вообще не влияет. Очень тесно связана между собой концентрация в растворах ионов цинка и меди ($r = 0,96$). Тесная связь отмечается между содержанием в вытяжках меди и никеля ($r = 0,78$), цинка и марганца ($r = 0,75$), цинка и никеля ($r = 0,72$), а умеренная – между концентрацией в них марганца и меди, марганца и никеля, железа и никеля. Коррелятивная связь между концентрацией ионов остальных элементов умеренная или очень слабая. Все элементы объединяются между собой в три кластера (рис. 3). В первый входят медь и цинк, во

второй – все остальные элементы, кроме кальция, который составляет отдельный «хуторской» кластер.

Экстракты растений, как показали результаты опыта, по-разному влияли на содержание подвижных форм зольных элементов в образцах почвы (табл. 4). Так, после обработки почвы экстрактами из листьев липы содержание в растворах ионов кальция увеличилось более чем в 30 раз, калия в 16 раз, а марганца в 35 раз по сравнению с растворами, приготовленными на основе дистиллированной воды. Содержание ионов цинка больше всего увеличилось после обработки почвы экстрактами из хвои сосны, стеблей сфагнума и мха Шребера, меди – из листьев ландыша, никеля – из листьев дуба. Увеличение подвижных форм калия и цинка после

Таблица 4

Химический состав образцов почвы, обработанной различными растворами

Растворы	Содержание элементов в растворе, мг/л							К/Са
	Ca ²⁺	K ⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	
<i>Вытяжки из растений:</i>								
Сосны	402,5	135,1	28,41	29,52	15,1	0,19	0,00	0,34
Ели	284,3	93,36	10,18	22,05	0,33	0,00	0,00	0,33
Можжевельника	233,6	103,3	5,141	14,95	0,00	0,11	0,00	0,44
Берёзы	450,6	301,8	47,89	46,40	0,98	0,24	0,46	0,67
Осины	1394,0	806,7	53,00	133,1	3,94	0,20	0,88	0,58
Липы	1402,0	896,0	24,60	63,47	3,90	0,34	0,76	0,64
Дуба	559,1	378,3	54,93	62,97	7,92	0,42	0,94	0,68
Орляка	604,2	656,5	42,61	70,98	0,32	0,10	0,34	1,09
Ландыша	783,9	774,0	36,87	78,77	3,23	0,63	0,29	0,99
Мха Шребера	586,1	479,0	70,79	70,63	8,20	0,38	0,00	0,82
Сфагнома	354,0	427,9	125,7	44,09	8,94	0,41	0,00	1,21
Кладонии	218,0	93,90	10,16	14,52	0,26	0,23	0,54	0,43
<i>Растворители:</i>								
Чистая вода	44,77	55,66	60,30	3,752	0,00	0,11	0,00	1,24
ААБ*	6238,0	267,5	121,1	495,0	5,22	0,43	3,70	0,04
Смесь кислот	1156,0	2418,0	19536,0	1278,0	63,0	8,78	45,9	2,09

* ААБ – аммонийно-ацетатный буфер.

обработки экстрактами многих растений было более значительным, чем после обработки почвы аммонийно-ацетатным буфером. После обработки почвы экстрактами из листьев липы и осины содержание ионов кальция в растворе было таким же, как после обработки почвы смесью кислот. Концентрация же подвижных ионов железа, наоборот, снизилась, что обусловлено связыванием их, как отмечено исследователями [22, 59], полифенолами, танинами и фосфорной кислотой, содержащимися в вытяжках. Особенно сильное влияние на снижение содержания ионов железа оказали экстракты из хвои можжевельника (в 11,7 раза) и ели (в 5,9 раза), воздействие которых на концентрацию ионов кальция и калия было минимальным. Экстракты из мхов Шребера и сфагнома, наоборот, привели к увеличению содержания подвижной формы железа в почве. Отношение содержания калия к кальцию в вытяжках почвы стало намного

меньшим, чем в вытяжках растений и приблизилось по величине к отношению этих элементов в водной вытяжке почвы.

Фактическая величина содержания элементов в вытяжках почвы не может характеризовать химическую активность экстрактов растений. Более верно, на наш взгляд, её отражает баланс содержания элементов, представляющий собой разность между их приходом с вытяжками растений и конечной величиной, из которой необходимо ещё вычесть величину содержания элементов в водной вытяжке почвы. Расчёты показали, что водные экстракты растений по-разному повлияли на баланс содержания подвижных форм зольных элементов в вытяжках почвы (табл. 5). Так, содержание кальция в вытяжках почвы, обработанной экстрактом из листьев липы, стало почти в два раза меньше, чем в самом экстракте. Отрицательным был и баланс содержания кальция в вытяжках почвы, обработанной экс-

трактом хвои сосны, хотя по величине он был значительно меньшим. Баланс же содержания кальция в вытяжках почвы, обработанной экстрактами других растений, был положительным. Особенно сильно увеличилось содержание кальция в вытяжках почвы, обработанной экстрактами осины, ландыша и мха Шребера. Содержание калия в вытяжках почвы увеличилось лишь после обработки её экстрактами ландыша и мха Шребера. Баланс же его содержания в вытяжках почвы после обработки её экстрактами других растений был отрицательным. Наиболее значительно снизилось содержание калия в вытяжках почвы, обработанной экстрактами осины, орляка и сосны. Баланс содержания железа в вытяжках почвы был положительным только после обработки её экстрактами сфагнума. Экстракты остальных растений приводили к связыванию его подвижных ионов в почве. Особенно сильно связывалось свободное железо после обработки почвы экстрактами можже-

вельника, ели и кладонии. Экстракты мха Шребера, сфагнума, орляка, сосны, кладонии и можжевельника связывали подвижные ионы марганца, а берёзы, липы и дуба, наоборот, приводили к увеличению их концентрации в вытяжках почвы. Обработка почвы экстрактами осины привела к связыванию подвижных ионов цинка, а сосны, сфагнума, мха Шребера, дуба, ландыша и липы, наоборот, к увеличению их содержания в вытяжках. Содержание подвижных ионов меди в вытяжках почвы возросло после обработки её экстрактами дуба и берёзы. В остальных случаях оно снизилось. Особенно значительное их связывание происходило после обработки почвы экстрактом из листьев осины, который сильно связывал также содержание подвижных ионов никеля в вытяжках. Обработка почвы экстрактами кладонии, берёзы и орляка привела к увеличению содержания в вытяжках ионов никеля, а осины, сфагнума, мха Шребера и дуба, наоборот, к их связыванию.

Таблица 5

Баланс содержания химических элементов в вытяжках почвы, обработанной различными растворами

Вытяжка растений, растворитель	Баланс содержания элементов в растворе, ± мг/л						
	Ca ²⁺	K ⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺
Сосны	-63,0	-4313,6	-31,9	13,6	14,1	0,00	-0,70
Ели	167,7	-470,6	-50,1	-2,8	-0,95	-0,20	0,00
Можжевельника	122,2	-419,1	-55,5	7,0	0,00	0,01	0,00
Берёзы	160,8	-1111,9	-12,4	-59,4	-5,81	0,14	0,46
Осины	817,1	-4805,0	-11,1	-1,6	-29,1	-10,4	-0,86
Липы	-1161,8	-3509,7	-39,6	-15,5	2,22	-1,10	0,11
Дуба	76,3	-2471,4	-7,1	-8,4	7,31	0,25	-0,15
Орляка	353,1	-4587,2	-17,7	59,4	-0,17	-0,09	0,34
Ландыша	738,0	717,7	-24,1	35,9	3,23	-0,65	-0,10
Мха Шребера	509,6	135,4	8,3	60,3	6,78	-0,70	-0,38
Сфагнума	253,2	-1546,8	62,5	39,0	8,60	-0,22	-0,38
Кладонии	141,4	-209,3	-51,5	8,9	0,17	0,04	0,54
Чистая вода	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
ААБ*	6193,2	211,8	60,8	491,2	5,22	0,33	3,70
Смесь кислот	1111,2	2362,3	19475,7	1274,2	63,0	8,67	46,0

* ААБ – аммонийно-ацетатный буфер.

Кластерный анализ показал, что все изученные нами растения объединяются друг с другом в три однородные группы (рис. 4), совершенно несхожие между собой по систематике, биологии и экологии, но оказывающие почти одинаковое химическое воздействие на почву. В первую группу вошли три вида растений (сосна обыкновенная, дуб черешчатый, орляк обыкновенный), водные экстракты которых, содержащие химически активные компоненты, обладают самой высокой способностью к связыванию в почве подвижных форм калия, о чём свидетельствует отрицательный баланс этого элемента (рис. 5). Экстракты этих рас-

тений, в то же время, способствуют, по сравнению с другими, увеличению содержания в почве подвижных форм цинка и меди. Во второй кластер вошло четыре вида растений (осина, ландыш майский, мох Шребера и сфагнум), экстракты которых повышают содержание в почве подвижных ионов кальция, железа и марганца, снижая при этом содержание ионов цинка, меди и никеля. Экстракты остальных пяти видов растений (ели, можжевельника, кладонии, берёзы и липы), относящиеся к третьему кластеру, интенсивнее других связывают в почве кальций, железо и марганец, высвобождая ионы калия, меди и никеля.

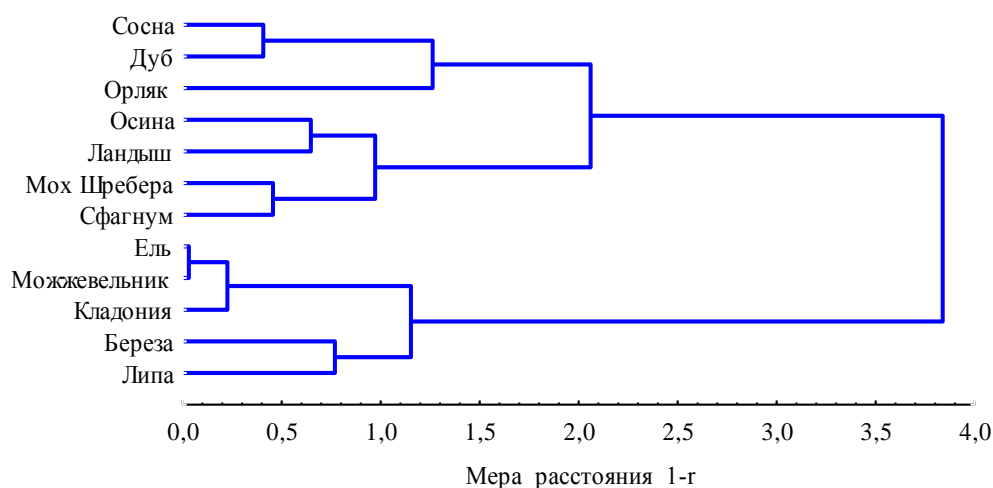


Рис. 4. Дендрограмма сходства баланса содержания химических элементов в вытяжках почвы, обработанной экстрактами растений, построенная по матрице коэффициентов корреляции

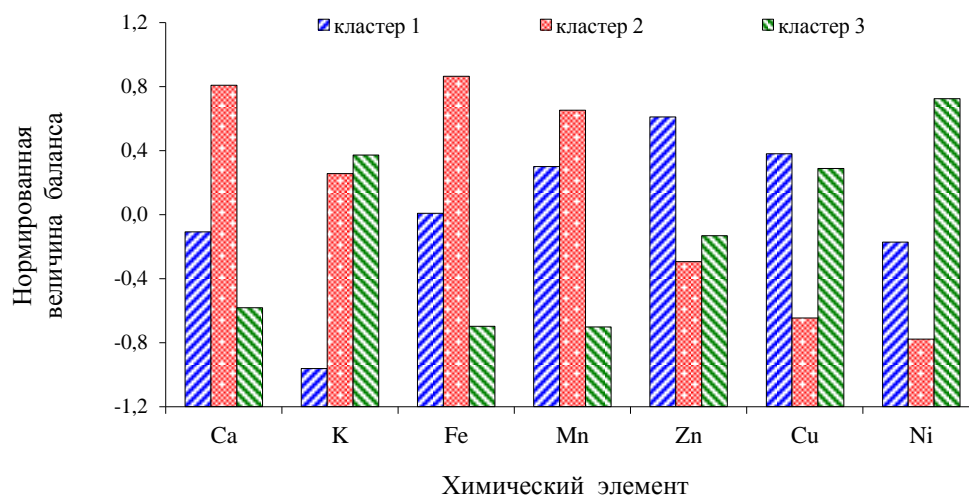


Рис. 5. Нормированная по стандартному отклонению величина баланса содержания химических элементов в водных вытяжках различных растений, относящихся к разным кластерам

Таблица 6

Параметры уравнений регрессии, отображающих зависимость содержания подвижных ионов металлов в вытяжках почвы от величины pH экстрактов растений и концентрации в них тех же элементов

Параметр уравнения	Значения параметров уравнения $Y = a + b \cdot X + c \cdot Z$ для различных элементов*						
	Ca ²⁺	K ⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺
a	-1178,1	-687,8	370,0	114,3	31,6	0,80	-1,13
b	246,2	147,8	-51,6	-13,1	-4,02	-0,08	0,19
c	0,357	0,056	10,78	0,607	0,008	0,000	0,397
R ²	0,545	0,217	0,525	0,529	0,101	0,029	0,417
F _{факт.}	3,97	0,92	3,67	3,73	0,37	0,10	2,37

Примечание: Y – содержание подвижных ионов металлов в вытяжках почвы, мг/л; X – значение pH экстрактов растений; Z – содержание подвижных ионов металлов в экстрактах растений, мг/л; R² – коэффициент детерминации уравнения; F_{факт.} – фактическое значение критерия Фишера (F_{0,05} = 2,15)

Изменение содержания подвижных ионов металлов в вытяжках почвы происходило не в результате различия концентрации их в экстрактах-реагентах, а под действием присутствующих в них органических кислот и ферментов, веществ, сугубо специфичных для каждого вида растения [3, 6, 8, 10]. Слабое влияние концентрации подвижных форм химических элементов в экстрактах растений или полное его отсутствие на их содержание в водных вытяжках почвы подтвердил проведённый нами регрессионный анализ (табл. 6). Содержание кальция, железа и марганца в вытяжках почвы, как показали расчёты, определяет в основном величина pH экстракта растений. Причём связь её с содержанием кальция прямая, а с железом и марганцем – обратная. Содержание остальных элементов в вытяжках почвы практически не зависит от величины pH экстракта растений.

Влияние экстрактов различных растений на биологические объекты, как показали результаты лабораторного опыта, было сугубо специфическим (табл. 7). На развитие водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer. сильное токсическое воздействие оказали экстракты из листьев осины, дуба и ландыша, среднее – можжевельника, мха Шребера, сфагнома и кладонии лесной, слабое – липы и берёзы. Вытяжка из хвои сосны на развитие хлореллы токсического

действия не оказала. На дафний токсическое действие не оказали вытяжки из сфагнома, сосны и мха Шребера. Вытяжки остальных видов растений для них были токсичны. Вытяжки всех растений, как показал билюминесцентный анализ, оказали токсичное действие на развитие бактерий.

Экстракты всех растений привели к снижению энергии прорастания семян редиса. Крайне негативное воздействие оказала вытяжка из сфагнома. Остальные растения располагаются по мере убывания степени негативного воздействия их водных вытяжек на всхожесть семян редиса в следующем порядке: осина > сосна > берёза > ландыш > мох Шребера > дуб > липа > можжевельник. Воздействие вытяжки кладонии лесной было наименьшим. На размер гипокотилия (проростка) редиса вытяжки всех растений оказали стимулирующее воздействие по сравнению с контролем, в качестве которого служила дистиллированная вода. Наиболее сильный стимулирующий эффект оказали вытяжки ландыша, кладонии, липы и дуба, а наименьший – осины и сфагнома. На изменение длины корня проростков редиса отрицательно воздействовали вытяжки берёзы, осины и сосны. При воздействии вытяжек остальных растений длина корня проростков увеличилась по сравнению с контролем. Особенно высокое стимулирующее воздействие оказали вытяжки липы и кладонии.

Таблица 7

Результаты опыта по воздействию водных вытяжек различных растений на тест-организмы

Растение	Значение параметров тест-организмов				
	Хлорелла, ТКР*	Дафнии, БКР**	Семена редиса***		
			Число всходов, %	Длина, мм	
				гипокотилия	корня
Сосна	1,47	1,00	70,0	8,4 ± 0,28	20,5 ± 1,57
Можжевельник	9,33	2,95	88,3	8,2 ± 0,25	26,6 ± 1,28
Берёза	4,37	> 3	70,0	8,7 ± 1,06	17,8 ± 2,35
Осина	18,2	> 3	61,7	7,8 ± 0,81	18,5 ± 0,54
Липа	6,46	> 3	80,0	10,2 ± 0,42	28,8 ± 2,52
Дуб	16,9	> 3	76,7	10,1 ± 1,72	25,4 ± 3,73
Ландыш	16,2	> 3	71,7	10,6 ± 0,22	25,6 ± 3,89
Мох Шребера	8,91	1,00	75,0	8,6 ± 0,69	25,8 ± 2,23
Сфагнум	8,51	1,00	6,7	7,2 ± 0,75	25,8 ± 1,75
Кладония	7,07	> 3	91,7	10,4 ± 0,17	27,8 ± 0,23
Контроль (вода)	-	0,00	96,7	6,9 ± 0,31	23,3 ± 1,30

*ТКР – токсическая кратность разбавления экстракта, **БКР – безопасная кратность разбавления экстракта; *** – продолжительность опыта с редисом составляла 72 часа

Таблица 8

Матрица коэффициентов корреляции между различными параметрами тест-организмов

Параметр тест-организма	Значение коэффициента корреляции между параметрами тест-организмов			
	Хлорелла, ТКР	Редис		
		Всходы	Длина гипокотилия	Длина корня
Хлорелла, ТКР	1,00			
Всходы редиса, %	-0,03	1,00		
Длина гипокотилия, мм	0,10	-0,26	1,00	
Длина корня, мм	0,03	0,16	0,64	1,00

Расчёты показали, что содержание химических элементов в экстрактах растений не оказывало достоверного влияния на значения параметров тест-организмов. Это является, на наш взгляд, подтверждением наличия в экстрактах-реагентах существенно специфичных для каждого вида растения биологически активных веществ, по-разному воздействующих на их состояние. О специфичности воздействия экстрактов растений на параметры тест-организмов свидетельствует также отсутствие корреляционной связи их друг с другом (табл. 8). Умеренная коррелятивная связь отмечается только между длиной гипокотилия проростков редиса и длиной их корня. На выявление биологически активных веществ, присутствующих в экстрактах растений, и механизм их воздействия на различные объекты будут направлены в дальнейшем наши усилия.

Заключение. Анализ литературы показал, что прижизненные выделения растений (экзометаболиты) и вещества, вымываемые из их опада, являются довольно мощным экологическим фактором, оказывающим влияние не только на формирование видовой структуры фитоценозов, но и на их состояние, продуктивность, устойчивость функционирования и непрерывность круговорота веществ. Этот вопрос, несмотря на большое число публикаций, изучен, однако, недостаточно глубоко и всесторонне. Особенно слабо изучено влияние экзометаболитов растений на почву, что связано со сложностью этого компонента экосистем, реакция которого на внешнее воздействие зависит от многих факторов, вычленив которые в природных условиях часто невозможно. Оценку влияния экзометаболитов растений на свойства почвы целесообразно, в

связи с этим, проводить в лабораторных условиях, а уж затем переходить к проверке результатов полевыми опытами.

Концентрация подвижных ионов металлов в экстрактах всех растений сугубо специфична, что связано, вероятно, как с составом их клеточного сока, так и проницаемостью кутикулы листьев. Лидером по содержанию всех элементов, кроме кальция и железа, является экстракт из листьев осины. Концентрация же кальция и железа наиболее высока в экстрактах из листьев липы. Меньше всего этих элементов содержится в вытяжках из листьев ландыша, а марганца – из стеблей сфагнома.

Результаты лабораторных опытов свидетельствуют о разном и довольно значительном влиянии водных экстрактов лесных растений на содержание подвижных форм металлов в почве и состояние тест-организмов. Экстракты сосны, дуба и орляка обладают самой высокой способностью к связыванию в почве подвижных форм калия, способствуя, по сравнению с

экстрактами других растений, увеличению содержания ионов цинка и меди. Экстракты осины, ландыша, мха Шребера и сфагнома повышают содержание в почве подвижных ионов кальция, железа и марганца, снижая, при этом, концентрацию ионов цинка, меди и никеля, а экстракты ели, можжевельника, кладонии, берёзы и липы интенсивнее других связывают в почве кальций, железо и марганец, высвобождая ионы калия, меди и никеля.

Водные экстракты всех изученных нами видов растений оказывают токсичное действие на развитие бактерий, экстракты из листьев осины, дуба и ландыша – на развитие хлореллы, а сфагнома, сосны и мха Шребера – на дафний. Экстракты всех растений, особенно сфагнома и осины, приводят к снижению всхожести семян редиса, оказывая стимулирующее воздействие на размер его проростков. Наиболее сильное стимулирующее воздействие оказывают экстракты ландыша, кладонии, липы и дуба.

Список литературы

1. Гродзинский, А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ / А.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1965. – 200 с.
2. Колесниченко, М. В. Биохимические взаимодействия древесных растений / М.В. Колесниченко. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 152 с.
3. Иванов, В. П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов / В.П. Иванов. – М.: Наука, 1973. – 296 с.
4. Нетребенко, В. Г. Влияние кустарников на биологическую активность степных почв в лесных полосах / В.Г. Нетребко // Лесохозяйственная информация: реферативный выпуск. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1974. – Вып. 2. – С. 10-12.
5. Чернобай, Ю. Н. Аллелопатические свойства подстилок в лесных биоценозах Карпат (Черногора) / Ю.Н. Чернобай // Проблемы аллелопатии: тез. докл. 5-го Всесоюз. совещ. – Киев, 1976. – С. 99-100.
6. Райс, Э. Аллелопатия / Э. Райс. – М.: Мир, 1978. – 389 с.
7. Золотухин, А. И. Фитоценотическая роль выделений кустарников в сообществах лесных полос лесостепи / А.И. Золотухин: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1981. – 18 с.
8. Гродзинский, А. М. Экспериментальная аллелопатия / А.М. Гродзинский, Э.А. Головкин, С.А. Горобец и др. – Киев: Наукова думка, 1987. – 236 с.
9. Матвеев, Н. М. Аллелопатический режим и интенсивность биологического круговорота веществ в лесных биоценозах степной зоны / Н.М. Матвеев // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне: межвуз. сб. статей. – Куйбышев, 1990. – С. 61-75.
10. Матвеев, Н. М. Аллелопатия как фактор экологической среды / Н.М. Матвеев. – Самара, 1994. – 206 с.
11. Овчаренко, А. А. Роль биологически активных выделений древесных растений в формировании экологической среды фитоценозов Среднего Прихоперья / А.А. Овчаренко, А.М. Кузьмичев // Вестник Тамбовского государственного университета. Сер.: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 3. – С. 822-825.
12. Баранецкий, Г. Г. Аллелопатические свойства дуба черешчатого и ведение лесного хозяйства в дубравах / Г.Г. Баранецкий // Научные основы ведения лесного хозяйства в дубравах: Тез. Всесоюз. конф. Секции 1-2. – Воронеж: ВЛТИ, 1991. – С. 23-24.
13. Гринюк, Ю. Г. К вопросу о причинах смены пород в грабово-дубовых лесах Украины / Ю.Г. Гринюк // Научные основы ведения лесного хозяйства в дубравах: Тез. Всесоюз. конф. Секции 1-2. – Воронеж: ВЛТИ, 1991. – С. 68-70.
14. Попов, В. К. Аллелопатические свойства летучих и водорастворимых веществ березы и осины / В.К. Попов, Н.М. Попова // Лесная геоботаника и биология древесных растений. – Тула: ТГУ, 1979. – С. 95-98.

15. Попов, В.К. Влияние экзометаболитов на ростовые процессы сосны обыкновенной / В.К. Попов, Н.М. Попова // Сосновые леса России в системе многоцелевого лесопользования: Тез. Всероссийской конф. – Воронеж: ВЛТИ, 1993. – Кн. 1. – С. 76-77.
16. Марьин, Г.С. Основы общей и аграрной экологии / Г.С. Марьин, О.Г. Марьина-Чермных, С.Г. Манишкин. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. – 364 с.
17. Савич, В.И. Влияние водных вытяжек и гуматов из сорных растений на развитие проростков / В.И. Савич, С.Л. Белоухов, Д.Н. Никиточкин, В.В. Верхотуров // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 2 (18). – С. 167-172.
18. Лазаускас, П. О взаимодействии культурных растений и сорняков в посевах / П. Лазаускас, З. Балуневицита // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах. – Киев: Наукова думка, 1973. – Вып. 4. – С. 30-34.
19. Дзюбенко, Н.Н. О взаимодействии культурной и сорной растительности в агрофитоценозах / Н.Н. Дзюбенко, Л.И. Крупа // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах. – Киев: Наукова думка, 1973. – Вып. 4. – С. 34-38.
20. Занина, М.А. Взаимоотношения культурных и сорных растений / М.А. Занина // Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья. – Балашов: Изд-во «Николаев», 2006. – С. 25-26.
21. Склярлова, Т.А. Влияние выделений древесных растений лесных полос на сельскохозяйственные культуры // Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья. – Балашов: Изд-во «Николаев», 2006. – С. 65-67.
22. Тиньков, А.А. Сравнительный анализ влияния растений семейства Подорожниковые на рост *E. Coli in vitro* / А.А. Тиньков, Е.Р. Гатиатулина, О.Н. Немерешина и др. // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). – 2014. – № 2. – С. 1-16. <http://cyberleninka.ru/journal/n/byulleten-orenburgskogo-nauchnogo-tsentra-uro-ran>.
23. Свиридова, И.К. Результаты изучения вымывания азота и зольных элементов дождевыми осадками из крон древесных пород / И.К. Свиридова // Доклады АН СССР. – 1960. – Т. 133, № 3. – С. 706-708.
24. Масилюнас, Л.И. Некоторые данные о химическом составе атмосферных осадков и вымывании химических веществ из крон деревьев / Л.И. Масилюнас, Г.Б. Паулюквичюс // Труды АН Литовской ССР. Серия Биология. – 1963. – Т. 1. – С. 45-51.
25. Колодяжная, А.А. Режим химического состава атмосферных осадков и их метаморфизация в зоне аэрации / А.А. Колодяжная. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 164 с.
26. Мина, В.Н. Выщелачивание некоторых веществ атмосферными осадками из древесных растений и его значение в биологическом круговороте / В.Н. Мина // Почвоведение. – 1965. – № 6. – С. 7-17.
27. Attiwil, P. M. The chemical composition of rainwater of relation to cycling of nutrients in nature Eucaliptus forest / P. M. Attiwil // Plant and Soil. – 1966. – Vol. 24, N 3. – Pp. 6-10.
28. Carlisle, A. The nutrient content of tree stem flow and ground flours litter and lea chutes in a Sessile oak (*Quercus petraea*) woodlound / A. Carlisle, A.H.F. Brown, E.J. White // J. of Ecology. – 1967. – Vol. 55, N 3. – Pp. 615-627.
29. Tukey, H. B. J. Leaching of substances from plants / H.B.J. Tukey // Ann. Rev. of plant physiology. – 1970. – Vol. 21. – Pp. 305-324.
30. Gersper, P. Some effect of stem flow from forest canopy trees on chemical properties of soils / P. Gersper, H. Holowaychuk // Ecology. – 1971. – Vol. 52, N 4. – Pp. 230-239.
31. Соколов, А.А. Химический состав атмосферных осадков, прошедших сквозь полог елового и березового древостоя / А.А. Соколов // Лесоведение. – 1972. – № 3. – С. 103-106.
32. Сысыев, В.В. О механизме изменения химического состава атмосферных вод под пологом леса / В.В. Сысыев // Вестник МГУ. Сер. География. – 1975. – № 5. – С. 107-110.
33. Likens, G. E. Biogeochemistry of a forested ecosystem / G.E. Likens, F.H. Borman, R.S. Pierce, et al. – New-York: Springer, 1977. – 148 p.
34. Miller, H. G. Collection and retention of atmospheric pollutants by vegetation / H.G. Miller, J.D. Miller // Intern. Conf. of Ecological Impact of Acid Precipitation. – Oslo, AAS, 1980. – Pp. 33-40.
35. Fuhrer, J. Interactions between acidic deposition and forest ecosystem processes / J. Fuhrer, C. Fuhrer-fries // European J. of forest pathology. – 1982. – Vol. 12, N 6-7. – Pp. 377-391.
36. Lindberg, E. S. Water and acid soluble trace metals in atmospheric particles / E. S. Lindberg, R. C. Harris // Geophysic Res. – 1983. – Vol. 88, N 9. – Pp. 1177-1191.
37. Richter, D. D. Atmosphere sulfur deposition, neutralization and ion leaching in two deciduous forest ecosystems / D. D. Richter, D. W. Johnson, D. E. Todot // Environ. Quail. – 1983. – Vol. 12. – Pp. 112-123.
38. Ulrich, B. Effect of air pollution on forest ecosystems and water – The principles demonstrated at a case study in Central Europe / B. Ulrich // Atmospheric Environ. – 1984. – Vol. 18. – Pp. 72-84.
39. Карпачевский, Л.О. Воздействие полога ельника сложного на химический состав осадков / Л.О. Карпачевский, Т.А. Зубкова, Т. Пройслер и др. // Лесоведение. – 1998. – № 1. – С. 50-59.
40. Пристова, Т.А. Влияние древесного полога лиственно-хвойного насаждения на химический состав осадков / Т.А. Пристова // Лесоведение. – 2005. – № 5. – С. 49-55.
41. Арчегова, И.Б. Влияние древесных растений на химический состав атмосферных осадков в процессе восстановления среднетаежных лесов / И.Б. Арчегова, Е.Г. Кузнецова // Лесоведение. – 2011. – № 3. – С. 34-43.
42. Робакидзе, Е.А. Химический состав жидких атмосферных осадков в старовозрастных ельни-

ках средней тайги / Е.А. Робакидзе, Н.В. Гормонова, К.С. Бобкова // Геохимия. – 2013. – № 1. – С. 72.

43. *Демаков, Ю.П.* Влияние азрального поступления веществ на их круговорот в лесных экосистемах / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 1. – С. 66-86.

44. *Баранецкий, Г. Г.* Экзометаболиты древесных растений в регуляции водного режима почвы / Г.Г. Баранецкий // Ведение хозяйства в водоохранных лесах. – Йошкар-Ола: МПИ, 1990. – С. 110-111.

45. *Базюк, О.Ф.* Роль биологических особенностей древесных пород в формировании водного режима / О.Ф. Базюк, Ю.Г. Гринюк // Ведение хозяйства в водоохранных лесах. – Йошкар-Ола: МПИ, 1990. – С. 112-113.

46. *Карасева, М. А.* Применение фитомелиорантов при выращивании искусственных насаждений хвойных пород / М.А. Карасева, К.Т. Лежнин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. – 160 с.

47. *Карпачевский, Л. О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л.О. Карпачевский. – М.: МГУ, 1977. – 312 с.

48. *Горшенин, К. П.* Влияние лесных посадок на физико-морфологическое строение чернозема / К.П. Горшенин // Почвоведение. – 1924. – № 3-4. – С. 41-47.

49. *Ткаченко, М. Е.* Влияние отдельных пород деревьев на почву / М.Е. Ткаченко // Почвоведение. – 1939. – № 10. – С. 3-17.

50. *Погребняк, П. С.* Обмен зольных веществ между древесной растительностью и почвой / П.С. Погребняк // Доклады АН УССР. – 1948. – № 3. – С. 3-13.

51. *Зонн, С. В.* Влияние леса на почвы / С.В. Зонн. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 160 с.

52. *Роде, А. А.* К вопросу о роли леса в почвообразовании / А.А. Роде // Почвоведение. – 1954. – № 5. – С. 50-63.

53. *Вайчис, М. В.* К вопросу о влиянии листовенницы европейской на изменение дерново-подзолистых почв / М.В. Вайчис // Почвоведение. – 1958. – № 5. – С. 12-22.

54. *Похитон, П. П.* Влияние различных древесных пород на почву / П.П. Похитон // Почвоведение. – 1958. – № 6. – С. 49-55.

55. *Смирнов, В. Н.* Сравнительная характеристика дерново-подзолистых суглинистых почв хвойно-лиственных и широколиственных лесов Среднего Поволжья // Почвоведение. – 1963. – № 5. – С. 64-75.

56. *Миронов, Н. А.* Зависимость между свойствами почв и составом смешанных насаждений / Н.А. Миронов // Научные доклады высшей школы: Биологические науки. – 1964. – № 1. – С. 199-203.

57. *Миронов, Н. А.* Изменение лесорастительных свойств дерново-подзолистых почв в за-

висимости от состава и смены древесных пород в лесах Татарии / Н.А. Миронов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань: КГУ, 1966. – 18 с.

58. *Растворова, О. Г.* Влияние состава лесных насаждений на свойства серых лесных почв / О.Г. Растворова // Химия, генезис и картография почв. – М.: Наука, 1968. – С. 112-115.

59. *Смолянинов, И. И.* Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов / И.И. Смолянинов. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 192 с.

60. *Газизуллин, А. Х.* Почвообразование, почвы и лес / А.Х. Газизуллин. – Казань: РИЦ «Школа», 2005. – 540 с.

61. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов / Л.С. Шугалей, М.Г. Семечкина, Г.И. Яшихин, В.К. Дмитриенко. – Новосибирск: Наука, 1984. – 152 с.

62. *Кретинин, В. М.* Изменение свойств почв в приствольной зоне деревьев в пологих лесных полосах / В.М. Кретинин // Почвоведение. – 1993. – № 3. – С. 94-99.

63. *Лаврова, О. П.* Об особенностях аллелопатического режима в фитогенном поле дуба / О.П. Лаврова, Н.М. Матвеев // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Междунар. межвед. сб. науч. тр. – Самара: Самарский университет, 1996. – Вып. 2. – С. 115-124.

64. Методы биогеохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 450 с.

65. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии. – М.: ФГУ ФЦАО, 2007. – 20 с.

66. ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.7-04). Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). – Красноярск: Изд-во Красноярского государственного университета, 2007. – 36 с.

67. ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04). Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». – М.: Изд-во ООО НЦ «Экологическая перспектива», 2007. – 16 с.

68. ПНД Ф Т 14.1:2.4:12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.9-06). Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus. – Красноярск: Изд-во Красноярского госуниверситета, 2006. – 46 с.

Статья поступила в редакцию 09.02.15.

Информация об авторах

ДЕМАКОВ Юрий Петрович – доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет, главный научный сотрудник государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Область научных интересов – биогеоценология, математическое моделирование лесных экосистем. Автор 280 публикаций, в том числе 10 монографий и учебных пособий.

ИСАЕВ Александр Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, государственный природный заповедник «Большая Кокшага». Область научных интересов – биогеоценология, лесное почвоведение. Автор 37 публикаций, в том числе одной монографии.

ТАЛАНЦЕВ Владимир Иванович – инженер кафедры химии, аспирант, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – химия органических соединений, физическая химия. Автор 13 публикаций.

МАЛЮТА Ольга Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – биоиндикация и биотестирование. Автор 83 публикаций.

UDC 630*181:579.61

CHEMICAL AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF WOODY PLANTS WATER EXTRACTS

Yu. P. Demakov^{1,2}, A. V. Isaev², V. I. Talantsev¹, O. V. Maluta¹

¹Volga State University of Technology,

3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: DemakovYP@volgatech.net; TalantsevVI@volgatech.net; MalutaOV@volgatech.net

²State nature reserve «Bolshaya Kokshaga»,

26, Voinov-Internatsionalistov St., Yoshkar-Ola, 424038, Russian Federation

E-mail: avsacha@yandex.ru

Key words: forest plants; water extracts; composition of elements; soil; moving forms of metals; test-organisms.

ABSTRACT

A detailed analysis of some books and journals on assessment of the role of secretion (exometabolites) of plants in formation of species composition and maintenance of sustainability of forest ecosystems and farming ecosystems functioning was carried out. Assessment results of the content in water extracts of 12 species of forest plants of active forms of some metals and a laboratory experience of their influence on chemical composition of alluvial-meadow light clay muck soil, as well as condition of test-organisms were offered. It was shown that there was more potassium, manganese, zink, cuprum, and active form of nickel in the aspen leaf extract, and there was more calcium and ferrum in the linden leaf extract. Lily of the valley leaf extracts contain the least concentration of calcium and ferrum, sphagnum stems – manganese. It was determined that extracts of pine, oak and bracken were of the best ability to binding of active forms of potassium, contributing to increase of the content of zink and cuprum ions (in comparison with the extracts of other plants) in the soil. Extracts of aspen, lily of the valley, Pleurozium schreberi, and sphagnum increase the content of active forms of potassium, ferrum, and manganese in the soil; at that, they decrease concentration of the ions of zink, cuprum, and nikel; extracts of spruce, juniper, cladonia, birch and linden are more active in binding of calcium, ferrum, and manganese, releasing the ions of potassium, cuprum and nikel. Water extracts of all the considered species show toxic effect on bacteria development (leaves extracts of aspen, oak and lily of the valley – on chlorella development; sphagnum, pine and Pleurozium schreberi – on daphnia). Extracts of all the species, sphagnum and aspen in particular, cause decrease of radish seeds viability; at the same time, they show a stimulating effect on the size of the sprouts of the plant. Extracts of lily of the valley, cladonia, linden, and oak show the strongest stimulating effect. It was concluded that exometabolites of plants were a strong ecological factor, influencing both the formation of species structure of phytocenoses as well as their condition, productivity, sustainability of functioning, and continuity of circulation of elements.

REFERENCES

- Grodzinskiy A. M. *Allelopatiya v zhizni rasteniy i ikh soobshchestv* [Allelopathy in the Life of Plants and Plant Societies]. Kyiv: Naukova dumka, 1965. 200 p.
- Kolesnichenko M. V. *Biokhimicheskie vzaimovlianiya drevesnykh rasteniy* [Biokhemical Interaction of Woody Plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1968. 152 p.
- Ivanov V. P. *Rastitelnye vydeleniya i ikh znachenie v zhizni fitotsenozov* [Plant Excretion and Their Significance in the Life of Phytocenosis]. Moscow: Nauka, 1973. 296 p.
- Netrebenko V. G. *Vliyanie kustarnikov na biologicheskuyu aktivnost stepnykh pochv v lesnykh polosakh* [Bushes Influence on the Bioactivity of Steppe Soils in Forest Strips]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya: referativnyy vypusk* [Forestry Information]. Moscow: TSBNTI Gosleskhoza SSSR, 1974. Issue 2. Pp. 10-12.
- Chernobay Yu. N. *Allelopaticheskie svoystva podstilok v lesnykh biogeotsenozakh Karpat (Chernogora)* [Allelopathic Properties of Litter in Forest Biogeocenoses of the Carpathians (Chernogora)]. *Problemy allelopatii: tez. dokl. 5-go Vsesouz. Soveshch* [Problems of Allelopathy: reports of V All-Union Meeting]. Kyiv, 1976. Pp. 99-100.
- Rays E. *Allelopatiya* [Allelopathy]. Moscow: Mir, 1978. 389 p.
- Zolotukhin A. I. *Fitotsenoticheskaya rol vydeleniy kustarnikov v soobshchestvakh lesnykh polos lesostepi: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Phytocoenotic Role of Bushes Secretion in the Forest Strips Societies in the Forest Steppe: autoref. for a Candidate Degree thesis (Biology)]. Kyiv, 1981. 18 p.
- Grodzinskiy A. M., Golovko E.A., Gorobets S.A., et al. *Eksperimentalnaya allelopatiya* [Experimental Allelopathy]. Kyiv: Naukova dumka, 1987. 236 p.
- Matveev N. M. *Allelopaticheskiy rezhim i intensivnost biologicheskogo krugovorota veshchestv v lesnykh biotsenozakh stepnoy zony* [Allelopathic Regime and Intensity of Biocycle of Matters in Forest Communities of the Steppe Zone]. *Voprosy lesnoy biogeotsenologii, ekologii i okhrany prirody v stepnoy zone: mezhvuz. sb. statey* [Issues of Forest Biogeocenology, Ecology and Nature Protection in the Steppe Zone: collected papers of several universities]. Kuibyshev, 1990. Pp. 61-75.
- Matveev N. M. *Allelopatiya kak faktor ekologicheskoy sredy* [Allelopathy as a Factor of Environment]. Samara, 1994. 206 p.
- Ovcharko A. A., Kuzmichev A.M. *Rol biologicheskikh aktivnykh vydeleniy drevesnykh rasteniy v formirovaniy ekologicheskoy sredy fitotsenozov Srednego Prikhoperya* [The Role of Bioactive Secretions of Woody Plants in Formation of Ecological Environment of the Phytocenoses of Middle Prikhopere]. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennyye i tekhnicheskie nauki* [Vestnik of Tambov State University. Ser.: Natural and Technical Sciences]. 2013. Vol. 18, № 3. Pp. 822-825.
- Baranetskiy G. G. *Allelopaticheskie svoystva duba chereschatogo i vedenie lesnogo khozyaystva v dubravakh* [Allelopathic Properties of English Oak and Forest Management in Oak Groves]. *Nauchnye osnovy vedeniya lesnogo khozyaystva v dubravakh: tez. Vsesouz. konf. Seksii 1-2*. [Scientific Basis for Forest Management in Oak Groves: Reports of All-Union Conference. Sections 1-2]. Voronezh: VLTI, 1991. Pp. 23-24.
- Grinyuk Yu. G. *K voprosu o prichinakh smeny porod v grabovo-dubovykh lesakh Ukrainy* [To the Problem of Species Succession in Hornbeech and Oak Groves of the Ukraine]. *Nauchnye osnovy vedeniya lesnogo khozyaystva v dubravakh: Tez. Vsesouz. konf. Seksii 1-2* [Scientific Basis for Forest Management in Oak Groves: Reports of All-Union Conference. Sections 1-2]. Voronezh: VLTI, 1991. Pp. 68-70.
- Popov V. K., Popova N.M. *Allelopaticheskie svoystva letuchikh i vodorastvorimyykh veshchestv berezy i osiny* [Allelopathic Properties of Volatiles and Water-Soluble Materials of Birch and Aspen]. *Lesnaya geobotanika i biologiya drevesnykh rasteniy* [Forest Geobotany and Biology of Woody Plants]. Tula: TGU, 1979. Pp. 95-98.
- Popov V. K., Popova N.M. *Vliyanie ekzometabolitov na rostovye protsessy sosny obyknovennoy* [Exometabolites Influence on the Growth Processes of Scots Pine]. *Sosnovye lesa Rossii v sisteme mnogotselovogo lesopolzovaniya: tez. Vserossiyskoy konf.* [Russian Pine Forests in the System of Multipurpose Forest Use: reports of Russian conference]. Voronezh: VLTI, 1993. Book 1. Pp. 76-77.
- Marin G. S., Marina-Chermnykh O.G., Manishkin S.G. *Osnovy obshchey i agrarnoy ekologii* [Fundamentals of General and Agrarian Ecology]. Yoshkar-Ola: MarSU, 2010. 364 p.
- Savich V.I., Belopukhov S.L., Nikitochkin D.N., Verkhoturov V.V. *Vliyanie vodnykh vytyazhek i gumatov iz sornykh rasteniy na razvitie prorostkov* [Influence of Water Extracts and Humates of Weed Plants on Sprouts Growth]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. [Systems. Methods. Technologies]. 2013. № 2 (18). Pp. 167-172.
- Lazauskas P., Balunevichite Z. *O vzaimodeystvii kulturnykh rasteniy i sornyakov v posevakh* [On Interaction of Cultivated Crops and Weed Plants in Plantings]. *Fiziologo-biokhimicheskie osnovy vzaimodeystviya rasteniy v fitotsenozakh* [Physiological and Biochemical Bases of Plants Interaction in Plant Communities]. Issue. 4. Kyiv: Naukova dumka, 1973. Pp. 30-34.

19. Dzubenko N. N., Krupa L. I. O vzaimodeystvii kulturnoy i sornoy rastitelnosti v agrofytotsenozakh [On Interaction of Cultivated Plants and Weedy Crops in Agrophytocenosis]. *Fiziologo-biokhimicheskie osnovy vzaimodeystviya rasteniy v fitotsenozakh* [Physiological and Biochemical Bases of Plants Interaction in Plant Communities]. Issue 4. Kyiv: Naukova dumka, 1973. Pp. 34-38.
20. Zanina M. A. Vzaimootnosheniya kulturnykh i sornykh rasteniy [Interaction of Crop and Weed Plants]. *Struktura, sostoyanie i okhrana ekosistem Prikhoperya* [Structure, Condition and Protection of Ecosystems in Prikhopere]. Balashov: Izdatelstvo "Nikolaev", 2006. Pp. 25-26.
21. Sklyarova T. A. Vliyanie vydeleniy drevesnykh rasteniy lesnykh polos na selskokhozyaystvennyye kultury [Influence of the Trees' Extracts of Forest Strips on Agricultural Plants]. *Struktura, sostoyanie i okhrana ekosistem Prikhoperya* [Structure, Condition and Protection of Prikhopere Ecosystems]. Balashov: Izdatelstvo "Nikolaev", 2006. Pp. 65-67.
22. Tinkov A. A., Gatiatullina E. R., Nemereshina O. N., et al. Sravnitelnyy analiz vliyaniya rasteniy semeystva Podorozhnikovye na rost *E. Coli in vitro* [Comparative Analysis of Influence of Plantain Family Plants on *E. Coli in vitro* Growth]. *Bulleten Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN (elektronnyy zhurnal)* [Bulletin of Orenburg Research Centre, RAS (e-magazine)]. 2014. № 2. Pp. 1-16. URL : <http://cyberleninka.ru/journal/n/byulleten-orenburgskogo-nauchnogo-tsentra-uro-ran>
23. Sviridova I. K. Rezultaty izucheniya vymyvaniya azota i zolnykh elementov dozhdevymi osadkami iz kron drevesnykh porod [Results of Study of Nitrogen and Ash Constituents Washing out by Rain Falls out from the Crowns of Trees]. *Doklady AN SSSR* [Reports of AN SSSR]. 1960. Vol. 133, № 3. Pp. 706-708.
24. Masilunas L. I., Paulukyavichus G. B. Nekotorye dannye o khimicheskom sostave atmosferykh osadkov i vymyvanii khimicheskikh veshchestv iz kron derevev [Some Data on Chemical Composition of Rain Falls and Washing out of Chemical Elements out from the Crowns of Trees]. *Trudy AN Litovskoy SSR. Seriya Biologiya* [Protocols of AN Lithuania SSR. Series Biology]. 1963. Vol. 1. Pp. 45-51.
25. Kolodyazhnaya A. A. *Rezhim khimicheskogo sostava atmosferykh osadkov i ikh metamorfizatsiya v zone aeratsii* [Chemistry Mode of Rain Falls and Their Metamorphization in the Airing Zone]. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR, 1963. 164 p.
26. Mina V. N. Vyshchelachivanie nekotorykh veshchestv atmosferymi osadkami iz drevesnykh rasteniy i ego znachenie v biologicheskom krugovorote [Washing out of Some Matters by the Atmosphere Precipitation out from Woody Plants and Its Significance in Biocycle]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1965. № 6. Pp. 7-17.
27. Attiwil P. M. The chemical composition of rainwater of relation to cycling of nutrients in nature Eucaliptus forest. *Plant and Soil*. 1966. Vol. 24, N 3. Pp. 6-10.
28. Carlisle A., Brown A. H. F., White E. J. The nutrient content of tree stem flow and ground flours litter and lea chutes in a Sessile oak (*Quercus petraea*) woodland. *J. of Ecology*. 1967. Vol. 55. N 3. Pp. 615-627.
29. Tuke H. B. J. Leaching of substances from plants. *Ann. Rev. of plant physiology*. 1970. Vol. 21. Pp. 305-324.
30. Gersper P., Holowaychuk H. Some effect of stem flow from forest canopy trees on chemical properties of soils. *Ecology*. 1971. Vol. 52. N 4. Pp. 230-239.
31. Sokolov A. A. Khimicheskii sostav atmosferykh osadkov, proshedshikh skvoz polog elovogo i berezovogo drevostoya [Chemical Composition of Atmosphere Precipitation, Coming through the Canopy of Spruce and Birch Stands]. *Lesovedenie* [Forestry]. 1972. № 3. Pp. 103-106.
32. Sysuev V. V. O mekhanizme izmeneniya khimicheskogo sostava atmosferykh vod pod pologom lesa [On the Mechanism of Change of Chemical Composition of Atmospheric Water under the Forest Canopy]. *Vestnik MGU. Ser. Geografiya* [Vestnik of MSU. Ser. Geography]. 1975. № 5. Pp. 107-110.
33. Likens G. E., Borman G. E., Pierce R. S., et al. Biogeochemistry of a forested ecosystem. New-York: Springer, 1977. 148 p.
34. Miller H. G., Miller J. D. Collection and retention of atmospheric pollutants by vegetation. Intern. Conf. of Ecological Impact of Acid Precipitation. Oslo, AAS, 1980. Pp. 33-40.
35. Fuhrer J., Fuhrer-fries C. Interactions between acidic deposition and forest ecosystem processes. *European J. of forest pathology*. 1982. Vol. 12, N 6-7. Pp. 377-391.
36. Lindberg E. S., Harris R. C. Water and acid soluble trace metals in atmospheric particles. *Geophys Res*. 1983. Vol. 88. N 9. Pp. 1177-1191.
37. Richter D. D., Johnson D. W., Todot D. E. Atmosphere sulfur deposition, neutralization and ion leaching in two deciduous forest ecosystems. *Environ. Quail*. 1983. Vol. 12. Pp. 112-123.
38. Ulrich B. Effect of air pollution on forest ecosystems and water – The principles demonstrated at a case study in Central Europe. *Atmospheric Environ*. 1984. Vol. 18. Pp. 72-84.
39. Karpachevskiy L. O., Zubkova T. A., Proisler T., et al. Vozdeystvie pologa elnika slozhnogo na khimicheskii sostav osadkov [Influence of Spruce Canopy on the Chemical Composition of Precipitation]. *Lesovedenie* [Forestry]. 1998. № 1. Pp. 50-59.
40. Pristova T. A. Vliyanie drevesnogo pologa listvenno-khvoynogo nasazhdeniya na khimicheskii sostav osadkov [Influence of Canopy of Deciduous and Coniferous Stand on the Chemical Composition of Precipitation]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2005. № 5. Pp. 49-55.

41. Arhegova I. B., Kuznetsova E.G. Vliyanie drevesnykh rasteniy na khimicheskiy sostav atmosferykh osadkov v protsesse vosstanovleniya srednetazhnykh lesov [Influence of Woody Plants on the Chemical Composition of Precipitation while Mid-Taiga Forests Restoration]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2011. № 3. Pp. 34-43.
42. Robakidze E. A., Gormonova N.V., Bobkova K.S. Khimicheskiy sostav zhidkikh atmosferykh osadkov v starovozrastnykh elnikakh sredney taygi [Chemical Composition of Rains in the Old Spruce Forests in Mid-Taiga]. *Geokhimiya* [Geochemistry]. 2013. № 1. P. 72.
43. Demakov Yu.P., Isaev A.V. Vliyanie aeralnogo postupleniya veshchestv na ikh krugovorot v lesnykh ekosistemakh [Influence of the Aerial Entrance of Matters on Their Circulation in Forest Ecosystems]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2015. № 1. Pp. 66-86.
44. Baranetskiy G. G. Ekzometabolity drevesnykh rasteniy v regulyatsii vodnogo rezhima pochvy [Exometabolites of Woody Plants in Soil Water Regime Regulation]. *Vedenie khozyaystva v vodookhrannykh lesakh* [Management of Riparian Forests]. Yoshkar-Ola: MPI, 1990. Pp. 110-111.
45. Bazyuk O.F., Grinyuk Yu.G. Rol biologicheskikh osobennostey drevesnykh porod v formirovaniy vodnogo rezhima [The Role of Biological Peculiarities of Woody Species in Water Regime Formation]. *Vedenie khozyaystva v vodookhrannykh lesakh* [Management of Riparian Forests]. Yoshkar-Ola: MPI, 1990. Pp. 112-113.
46. Karaseva M. A., Lezhnin K.T. *Primenenie fitomeliorantov pri vyrashchivaniy iskusstvennykh nasazhdeniy khvoynnykh porod* [Phytoameliorants Application in Cultivation of Plantations (Coniferous Species)]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2012. 160 p.
47. Karpachevskiy L. O. *Pestrota pochvennogo pokrova v lesnom biogeotsenozе* [Soil Cover Diversity in Forest Biogeocenose]. Moscow: MGU, 1977. 312 p.
48. Gorshenin K. P. Vliyanie lesnykh posadok na fiziko-morfologicheskoe stroenie chernozema [Influence of Plantations on Physical and Morphological Structure of Black Earth]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1924. № 3-4. Pp. 41-47.
49. Tkachenko M. E. Vliyanie otdelnykh porod derevev na pochvu [Influence of Some Tree Species on the Soil]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1939. № 10. Pp. 3-17.
50. Pogrebnyak P. S. Obmen zolnykh veshchestv mezhdru drevesnoy rastitelnostu i pochvoy [Ash Constituents Exchange between the Trees and the Soil]. *Doklady AN USSR* [Reports of AN URSR]. 1948. № 3. Pp. 3-13.
51. Zonn S. V. *Vliyanie lesa na pochvy* [Forest Influence on Soils]. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1954. 160 p.
52. Rode A. A. K voprosu o roli lesa v pochvoobrazovanii [To the Problem of Forest Role in Soil Formation]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1954. № 5. Pp. 50-63.
53. Vaichis M. V. K voprosu o vliyanii listvennitsy evropeyskoy na izmenenie dernovo-podzolistykh pochv [To the Problem of European Larch Influence on the Sod-Podzol Soil Changes]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1958. № 5. Pp. 12-22.
54. Pokhiton P. P. Vliyanie razlichnykh drevesnykh porod na pochvu [Influence of Different Woody Species on the Soil]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1958. № 6. Pp. 49-55.
55. Smirnov V. N. Sravnitel'naya kharakteristika dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv khvoynolistvennykh i shirokolistvennykh lesov Srednego Povolzhya [Comparative Characteristics of Sod-Podzol Sandy Loam Soil in Coniferous and Deciduous Forests and Broad-Leaved Forests of the Middle Volga Region]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1963. № 5. Pp. 64-75.
56. Mironov N. A. Zavisimost mezhdru svoystvami pochv i sostavom smeshannykh nasazhdeniy [Dependence between Soil Properties and Mixed Stands Composition]. *Nauchnye doklady vysshey shkoly: Biologicheskie nauki*. [Papers of Higher School: Biology]. 1964. № 1. Pp. 199-203.
57. Mironov N. A. *Izmenenie lesorastitelnykh svoystv dernovo-podzolistykh pochv v zavisimosti ot sostava i smeny drevesnykh porod v lesakh Tatarii: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Changes of Sod-Podzol Soil Characteristics Depending on the Composition and Succession of Tree Species in Tatar Forests: auto-ref. for a Candidate Degree (Biology)]. Kazan: KGU, 1966. 18 p.
58. Rastvorova O. G. Vliyanie sostava lesnykh nasazhdeniy na svoystva serykh lesnykh pochv [Plantations Composition Influence on the Properties of Gray Forest Soil]. *Khimiya, genesis i kartografiya pochv* [Chemistry, Genesis and Mapping of Soils]. Moscow: Nauka, 1968. Pp. 112-115.
59. Smolyaninov I. I. *Biologicheskiy krugovorot veshchestv i povyshenie produktivnosti lesov* [Biocycle of Matters and Forests Productivity Improvement]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1969. 192 p.
60. Gazizullin A. Kh. *Pochvoobrazovanie, pochvy i les* [Soil Formation, Soils and Forest]. Kazan: RITS «Skola», 2005. 540 p.
61. Shugaley L.S., Semechkina M.G., Yashikhin G.I., Dmitrienko V.K. *Modelirovanie razvitiya iskusstvennykh lesnykh biogeotsenozov* [Simulation of Planted Forest Biogeocenoses Development]. Novosibirsk: Nauka, 1984. 152 p.
62. Kretinin V.M. *Izmenenie svoystv pochv v pristvolnoy zone derevev v polezashchitnykh lesnykh*

polosakh [Soil Properties Change Close to the Stems in Forest Shelter Belts]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1993. № 3. Pp. 94-99.

63. Lavrova O. P., Matveev N.M. Ob osobennostyakh allelopaticeskogo rezhima v fitogenom pole duba [On Peculiarities of Allelopathic Regime in Phytogeneous Field of Oak]. *Voprosy ekologii i okhrany prirody v lesostepnoy i stepnoy zonakh: Mezhdunar. mezhved. sb. nauch. tr.* [Issues of Ecology and Nature Protection in Forest-Steppe and Steppe Zones: collected papers]. Samara: Samarskiy universitet, 1996. Issue 2. Pp. 115-124.

64. *Metody biogeokhimicheskogo issledovaniya rasteniy. Pod red. A.I. Ermakova* [Methods for Biochemical Researches of Plants: under the editorship of A.I. Ermakov]. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 450 p.

65. Metodika vypolneniya izmereniy valovogo soderzhaniya medi, kadmiya, tsinka, svintsa, nikelya, margantsa, kobalta, khroma metodom atomno-absorbtsionnoy spektroskopii [A Methods to Measure the Total Content of Cuprum, Cadmium, Zink, Plumbum, Nikel, Manganese, Cobalt, Chrome by Means of Atomic Absorption Spectroscopy]. Moscow: FGU FTSAO, 2007. 20 p.

66. PND F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND F T 16.1:2:3:3.7-04). Metodika opredeleniya toksichnosti prob poverhnostnykh presnykh, gruntovykh, pitevykh, stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov po izmeneniyu opticheskoy plotnosti kultury vodorosli khlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer).

[PND F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND F T 16.1:2:3:3.7-04). A Methods of Toxicity Assessment for Surface, Fresh, Ground, Drinking, Waste Waters, Soil-Water Extracts, Waste Water Mud and Wastes in the Changes of Optical Density of *Chlorella vulgaris* Beijer).]. Krasnoyarsk: Izdatelstvo Krasnoyarskogo gosudarstvennogo universiteta, 2007. 36 p.

67. PND F T 14.1:2:3:4.11-04 (PND F T 16.1:2:3:3.8-04). Metodika opredeleniya toksichnosti vody i vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov po izmeneniyu intensivnosti bakterialnoy bioluminestsentsii test-sistemoy «Ekolum» na pribore «Biotoks-10». [PND F T 14.1:2:3:4.11-04 (PND F T 16.1:2:3:3.8-04). A Methods of Toxicity Assessment for Water and Soil-Water Extracts, Waste Water Mud and Wastes in the Change of Intensity of Bacterial Bioluminescence by Test-System «Ekolum» using «Biotoks-10»]. Moscow: Izdatelstvo OOO NTS "Ekologicheskaya perspektiva", 2007. 16 p.

68. PND F T 14.1:2:4.12-06 (PND F T 16.1:2:3:3.9-06). Metodika opredeleniya toksichnosti vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov, pitevoy, stochnoy i prirodnoy vody po smertnosti test-obekta *Daphnia magna* Straus. [PND F T 14.1:2:4.12-06 (PND F T 16.1:2:3:3.9-06). A Methods of Toxicity Assessment for Soil-Water Extracts, Waste Water Mud and Wastes of Drinking Water, Wastewater and Natural Water by Test-object *Daphnia magna* Straus Mortality.]. Krasnoyarsk: Izdatelstvo Krasnoyarskogo universiteta, 2006. 46 p.

The article was received 09.02.15.

Citation for an article: Demakov Yu. P., Isaev A. V., Talantsev V. I., Maluta O. V. Chemical and biological activity of woody plants water extracts. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2015. No 2 (26). Pp. 57-76.

Information about the authors

DEMAKOV Yuriy Petrovich – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management at the Volga State University of Technology, Chief Researcher at the State Natural Reserve «Bolshaya Kokshaga». The author of 280 publications, including 10 monographs and study guides.

ISAEV Alexander Viktorovich – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research Activity, State Natural Reserve «Bolshaya Kokshaga». The author of 37 publications including one monograph.

TALANTSEV Vladimir Ivanovich – Engineer at the Chair of Chemistry, Postgraduate student at the Volga State University of Technology. Research interests – chemistry of organic compounds, physical chemistry. The author of 13 publications.

MALUTA Olga Vasilyevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management at the Volga State University of Technology. Research interests – bioindication and biotesting. The author of 83 publications.