

Gumbatov, X.G., & Khalilov, Ye.I. Tekhnologiya volokna khlochatnika [Cotton Fiber Technology]. Baku: Nurlan, 2012. (In Russian).

Yermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Yarosh, N.P. Peruanskiy, Yu.V., Lukovnikova, G.A., & Ikonnikova, M.I. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy [Methods of biochemical studies of plants], 2nd ed. Leningrad: Kolos, 1987, pp. 44–45. (In Russian).

F.V. Hasanova
Baku, Azerbaijan

IMPACT OF AL NANOPARTICLES ON CHLOROPHYLL PIGMENT CONTENT AND ENZYME ACTIVITY IN COTTON LEAVES

Abstract. The role of nanotechnology in solving environmental problems is increasing, and there is a need for additional research in this area. One of these environmental problems is soil salinization. During salinity stress, germination, growth and development of plants slow down, and the quantity of pigments, chlorophyll and carotenoids in leaves decreases. So does the activity of such important physiological processes as photosynthesis, respiratory processes and enzyme activity. There are several ways to improve the salt tolerance of cotton. The cotton varieties can be improved genetically, or another way is to increase the stability of seeds or seedlings by chemical, biological or physiological methods. At the early stages of development cotton seedling are very sensitive to salinity and other stress factors. The study investigated the effect of Al nanoparticles on the pigment composition in cotton seedling leaves and on the enzyme activity (ascorbate oxidase, polyphenol peroxidase and guaiacol-dependent peroxidase) in soil samples, collected in different areas of the Mugan plain. It was found that cotton seeds develop well in saline soils if treated with Al nanoparticles. Significant changes were observed in the plant development and in the kinetics of physiological processes. The quantity of chlorophyll pigments *a* and *b* in cotton sprouts (mainly at three leaf stages) increased, and the change in enzyme activity occurred. Thus, during salinity stress the influence of basic enzymes, such as ascorbic peroxidase, increased in sprouts but decreased in leaves if the cotton plants are cultivated in saline soils with Al nanoparticles. The decrease in the activity of polyphenol oxidase and guaiacol-dependent peroxidase was insignificant.

Keywords: nanoparticle; cotton; soil salinity; chlorophyll; enzyme activity

About the author: Faride Vasif gyzy Hasanova, Doctoral Student.

Place of employment: Baku State University.

Гасанова Ф.В. Влияние наночастиц Al на содержание хлорофилла в листьях хлопчатника // Вестник Нижнеартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 51–59.

Hasanova F.V. Impact of Al nanoparticles on chlorophyll pigment content and enzyme activity in cotton leaves // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 51–59.

УДК 581.1: 615.322

И.Ю. Усманов, Э.Р. Юмагулова, В.В. Александрова,
И.Г. Гончар, А.В. Щербаков, В.Б. Иванов
г. Нижнеартовск, г. Уфа, Россия

КОМПЛЕКСЫ ФЛАВОНОИДОВ *CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA* (L.) MOENCH ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ СРЕДНЕЙ ОБИ

Аннотация. Проведено сравнение спектров высокоэффективной жидкостной хроматографии метаболомов из ценопопуляций *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench олиготрофных болот Средней Оби. Исследованные ценопопуляции *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench различались по числу пиков в хроматограммах – от 21 до 41. Пики также различаются по времени выхода. После суммирования на разных хроматограммах *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench число пиков достигло 108. Полученные результаты свидетельствуют о высокой вероятности участия нейтралистских механизмов в формировании флавоноидных спектров изученных ценопопуляций. Биоразнообразие флавоноидов может формировать региональные (географические) продукты питания в зависимости от экологических условий региона.

Ключевые слова: *Chamaedaphne calyculata*; флавоноиды; Среднее Приобье; олиготрофные болота.

Сведения об авторах: Вячеслав Борисович Иванов¹, кандидат педагогических наук, доцент кафедры экологии; Эльвира Рамилевна Юмагулова², кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии; Виктория Викторовна Александрова³, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии; Иван Геннадьевич Гончар⁴, аспирант кафедры экологии; Аркадий Владимирович Щербаков⁵, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; Исскандер Юсуфович Усманов⁶, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник.

Место работы: ^{1,2,3,4,6}Нижевартовский государственный университет; ⁵ООО «Научно-внедренческое предприятие «БашИнком»»; ⁶Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Контактная информация: ^{1,3,4}628609, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11, каб. 314, тел. 83466436586, ^{1,4}e-mail: karatazh@mail.ru, ³e-mail: aleksandrovavv2006@yandex.ru; ^{3,6}2628609, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11, каб. 317, тел. 83466436586, ³e-mail: elvirau2009@yandex.ru, ⁶e-mail: iskander.usmanov@mail.ru.; ⁵450015, г. Уфа, ул. Карла Маркса, д. 37, тел. 89174301703, e-mail: humanist314@rambler.ru.

Введение

Исследования флавоноидов в растительном организме известны с начала XIX в. Интерес к флавоноидным соединениям особенно возрос в 40-е гг. прошлого столетия, флавоноиды привлекают внимание ученых разносторонней биологической активностью и чрезвычайно низкой токсичностью (Caniego 2005). После 1970 г. выделено свыше 1 500 соединений, относящихся к флавоноидам, но общее число флавоноидов и антоцианов очень велико и до сих пор неизвестно (Кабата-Пендиас 2005). История исследования и возможное применение данных по природным флавоноидам представили в своей работе Plant polyphenols: recent advances in epidemiological research and other studies on cancer prevention A. Valavanidis и T. Vlachogianni (2013).

В настоящее время накопилось достаточно много материала по исследованию механизма накопления и свойств флавоноидов и других растительных продуктов, которые способны изменять стрессоустойчивость организмов. В.Е. Софронова (2010) рассмотрела растворимые фенольные соединения и устойчивость вечнозеленых растений к стрессовым факторам криолитозоны. В результате проведенной работы было установлено, что колебания в их содержании зависят от сроков прохождения фаз развития растений, температурно-световых условий произрастания. В работе рассматривается также и связь с флавоноидами.

Martz F. (2010) с соавторами провел анализ листьев черники, собранных на открытых и лесных участках, показал, что основные фенольные изменения появились на первых этапах развития листьев, но, что наиболее важно, синтез и накопление флавоноидов в лесу были меньше по сравнению с участками с высокой освещенностью. Листья с более высоких широт и больших высот имели более высокий уровень растворимого фенола и флавонола, более высокую антиоксидантную способность и более низкое содержание производных хлорогеновой кислоты. A Berlim et al. (2018) представил данные по фотофизическим свойствам флавоноидов, извлеченных из *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland.

Флавоноиды и антоцианы образуются в плодах и листьях вечнозеленых кустарничков и хвойных растениях, которые являются доминантами болотных экосистем Среднего Приобья. Флавоноиды являются физиологическими веществами для адаптации растений к холоду, ультрафиолетовому излучению, тяжелым металлам и многим другим неблагоприятным факторам среды обитания, повышают их стрессоустойчивость. Сложные условия для выживания в болотных экосистемах требуют от растений активизации большого набора адаптаций, среди которых флавоноиды и антоцианы играют важную роль (Баширова 1998, Фурса, Горькова 2013). На сегодняшний день принципы экологической регуляции флавоноидов и антоцианов слабо изучены, и до настоящего времени не проводились исследования спектров синтезируемых вечнозелеными растениями флавоноидов и антоцианов в условиях Среднего Приобья.

Целью представленного исследования явилось определение факторов изменчивости спектров флавоноидов у *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. олиготрофных болот Среднего Приобья. Для того, чтобы понять принципы регуляции синтеза флавоноидов, необходимо оценить основные факторы и силу их влияния на биосинтез.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Для анализа был выбран болотный контур с экологически однородными условиями. Природная однородность условий определяли по ряду параметров: 1) бессточное болото без притока воды из других ландшафтов, а перемещения водных потоков в границах болота носят хаотичный характер под влиянием температуры, ветра, таяния снегов и т. п.; 2) верховые болота по определению не имеют притока питательных веществ, кроме вымывания подпочвенного субстрата. Вымывание практически прекращается по мере нарастания торфа, и растения на поверхности получают ресурсы из разлагающихся торфяных масс. Зольность почв в пределах 2–5%; 3) растительность выбранного участка однородная (Овечкина 2017; Иванов 2017). Для исследования были отобраны растения из пяти опытных уча-

стков, расположенных на Самотлорском лицензионном участке, и одного контрольного участка, расположенного в районе учебно-полевой базы Нижневартковского государственного университета «Церковная грива». Образцы почвогрунтов отбирали по ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005) методом конверта.

Листья для анализа отбирали в июне. Брели листья со среднего яруса растений, с 6-кратной повторностью. Число и вес листьев определяли с участков 25x25 см. Полученные с каждого участка образцы растений анализировались в 3 повторностях. Всё растительное сырьё было высушено до воздушно-сухого состояния, измельчено до размеров частиц не более 2 мм. Экстракцию производили из навески в 20 мг поэтапно: гексаном (в три приема общим объемом растворителя 100 мл), после выпаривания гексана растительное волокно экстрагировали 70%-ным этанолом (в три приема, объединяя отфильтрованные с помощью фильтров Шотта экстракты). Применение гексана в качестве предварительного экстрагента было вызвано необходимостью избавиться образцы от различного рода неполярных органических веществ, не имеющих отношение к фенольным метаболитам. В дальнейшем при анализе образцов методом ВЭЖХ данные экстракты не анализировались.

Подготовку растительного сырья проводили в два этапа: для очистки растительного сырья от жирорастворимой фракции использовали гексан. Растительное сырьё трижды инкубировали с гексаном по 15 минут при непрерывном встряхивании, фильтровали через фильтры Шота. После растительное сырьё инкубировали в течение 45 минут в 70%-ном водном растворе этанола трижды, отфильтровывая и объединяя полученные экстракты. Упаривали на водяной бане до получения концентрированного раствора, раствор высушивали до получения постоянной сухой массы.

В качестве базовых методов в исследовании были использованы: морфологический анализ вечнозеленых растений; метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); метод градиентной статистики; фрактальный анализ; подходы исследования динамического хаоса в факториальной экологии; фотоколориметрический метод, с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра МГА-915 и вольтамперометрического комплекса СТА; картографический; дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов.

Исследования содержания P, N, Cd, Pb, Cu, Zn проводили параллельно в почве исследуемых участков и листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Такой подход позволил рассчитать коэффициенты накопления исследованных элементов в растительных тканях и определить интенсивность их накопления.

Методом ВЭЖХ хроматографии определяли спектры метаболомов, содержащих флавоноиды и вещества с близкими физико-химическими свойствами, из ценопопуляций *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Для анализа отбирали взвешенное количество экстрагированного образца, растворяя его в элюенте 50:50 вода–ацетонитрил. Хроматографический анализ проводили методом ВЭЖХ на хроматографе Waters «Breeze». Хроматографическое исследование экстрактов образцов листьев проводили в режиме обратной фазы на колонке Luna C18 250x4,6 мм, 5 мкм. В ходе анализа использовались стандарты веществ: байкалеин, гесперетин, физетин, нарингин, нарингенин, рутин, кверцетин, изокверцетин, морин, дигидрокверцетин, ликвиритигенин производства Sigma-Aldrich, чистотой не менее 92%. Стандарты соответствующих флавоноидов и сами вещества в образцах детектировались при длинах волн 275 и 360 нм на диодно-матричном УФ-анализаторе. Стандарты и вещества в образцах детектировались при длине волны 360 нм на базе УНЦ ИОХ РАН (Уфа). При проведении анализа применялось соотношение растворителей: вода: ацетонитрил: трифторуксусная кислота (ТФА) = 35:64,9:0,1. Индивидуальные образцы растений анализировались в трех повторностях при двух аналитических длинах волн.

Хроматограмму «единичного» экстракта стандартного образца растительного материала, усредненную по трем аналитическим прогонам, принимали за элементарную единицу иерархии. В каждой ценопопуляции анализировали по 10–15 хроматограмм. Хроматограммы оценивали по трем основным параметрам: 1) время выхода пика, что указывает на наличие того или иного вещества; 2) число пиков за время хроматографирования, что указывает на общее количество веществ в экстракте; 3) площадь пиков, что указывает на относительное содержание данного вещества в данном экстракте.

Результаты и обсуждение

Результаты содержания исследованных химических элементов в почвенных образцах корнеобитаемых участков растений олиготрофного болота представлены на рисунке 1.

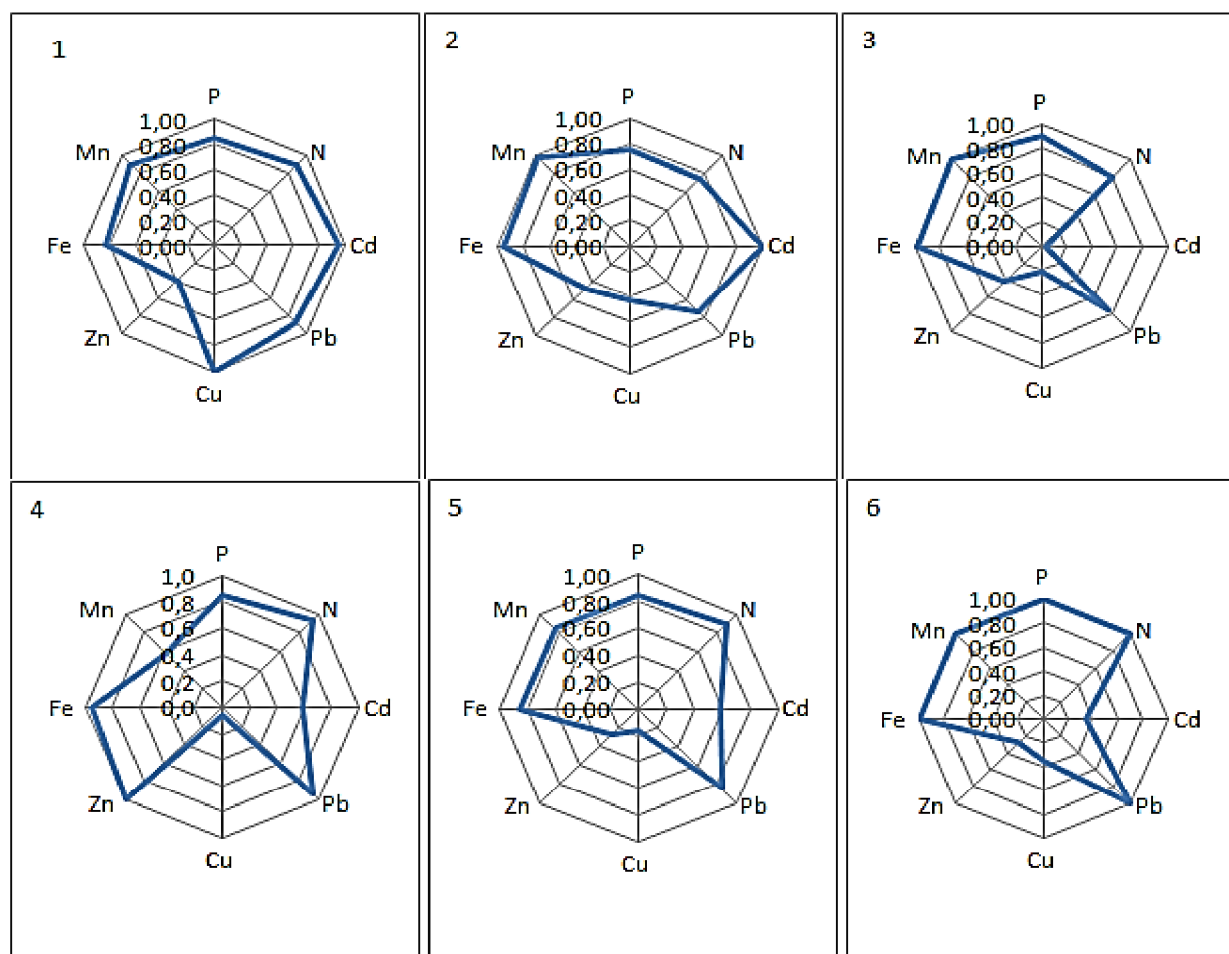


Рис. 1. Относительная изменчивость содержания химических элементов в почвенных образцах корнеобитаемых участков растений в геоботанически и экологически однородном олиготрофном болоте

Химический анализ почвогрунтов показал:

1. Почвы бедные минеральными элементами, что соответствует общепринятым представлениям (Аитов 2013; Иванов 2016).

2. Корнеобитаемые объемы различаются между собой: на общем олиготрофном фоне каждое растение может оказаться в отличающихся от других условиях корневого питания (Федоровский 1979; Мавлетова-Чистякова 2017).

3. По отношению к каждому элементу растение может выполнять функции биологического накопителя или иметь комплекс адаптаций для выполнения барьерной функции (Семенова 2012).

Результаты исследования коэффициента накопления химических элементов в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench представлены в таблицах 1–3.

Исследование содержания химических элементов в почве и растительных тканях позволило рассчитать коэффициенты их накопления в растительных тканях.

Chamaedaphne calyculata (L.) Moench адаптирован к существованию в сверхбедных почвогрунтах. Данная адаптация проявляется в способности концентрировать биогенные элементы в тканях, в частности, в листьях (Усманов 1987; Walch-Liu 2006). Как видно из таблицы 1, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench устойчиво накапливает фосфор в концентрациях выше, чем отмечается их содержание в почве. Следует отметить, что коэффициент накопления фосфора в листьях примерно в 1,5 раза выше, чем для азота. Исследования показывают, что для биогенных элементов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench является накопителем.

Таблица 1

Содержание биогенных элементов Р и N в почве, листьях и расчет коэффициента их накопления в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, мг/г

Р			N		
Почва	Лист	Коэффициент накопления	Почва	Лист	Коэффициент накопления
1,7	2,42	1,42	10,70	10,40	0,97
1,5	2,59	1,73	8,94	10,80	1,21
1,8	2,40	1,33	9,50	10,10	1,06
1,7	2,30	1,35	11,30	10,20	0,90
1,7	3,10	1,82	10,70	7,80	0,73
2,0	2,90	1,45	12,00	10,50	0,88

Таблица 2

Содержание биогенных элементов Cd и Pb в почве, листьях и расчет коэффициента их накопления в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, мг/г

Cd			Pb		
Почва	Лист	Коэффициент накопления	Почва	Лист	Коэффициент накопления
0,47	0,08	0,17	7,66	0,52	0,07
0,49	0,08	0,17	6,42	0,45	0,07
0,02	0,08	4,74	6,60	0,46	0,07
0,29	0,03	0,10	8,21	0,21	0,03
0,29	0,01	0,04	7,38	0,80	0,11
0,17	0,01	0,07	8,73	0,84	0,10

Кадмий и свинец относятся к металлам, накопление которых нежелательно в продуктах питания. Во всех случаях коэффициент накопления кадмия очень низок и составляет около 5–10%, что в 10–15 раз ниже, чем для биогенных элементов. Выпадающее значение в строке 3 необходимо проверить в летних эксперимен-

тах: видимо, ошибка в оценке концентрации в почве. Как и в случае с Cd, значения коэффициента накопления очень невелики. *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в данном случае показывает выраженную барьерную функцию к данным химическим элементам.

Таблица 3

Содержание биогенных элементов Cu и Zn в почве, листьях и расчет коэффициента их накопления в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, мг/г

Cu			Zn		
Почва	Лист	Коэффициент накопления	Почва	Лист	Коэффициент накопления
3,32	2,30	0,69	35,36	13,76	0,39
1,43	2,20	1,54	42,01	13,89	0,33
0,72	2,75	3,81	36,64	29,02	0,79
0,20	2,15	10,94	89,51	26,72	0,30
0,54	3,70	6,81	24,59	35,28	1,43
1,20	0,72	0,60	25,00	16,25	0,65

Результаты исследования показывают, что коэффициенты накопления меди и цинка в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench достаточно высоки. На следующих стадиях работы необходимо сравнить накопление меди в листьях других вечнозеленых растений олиго-

трофных болот. Барьерная функция не выражена.

Коэффициенты корреляции между концентрациями веществ в почвогрунте и листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции концентрации веществ в почве
и листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1,00																		
2		1,00																	
3		0,89	1,00																
4	-0,84			1,00															
5	0,82				1,00														
6				-0,66	0,60	1,00													
7							1,00												
8					0,77			1,00											
9		0,94			0,62			0,88	1,00										
10	0,61									1,00									
11		0,72									1,00								
12						0,83						1,00							
13					0,93								1,00						
14														1,00					
15													-0,83		1,00				
16		-0,83						-0,94			0,59					1,00			
17											-0,83		-0,83	0,92			1,00		
18														0,73		-0,83		1,00	
19				0,65		-0,89													1,00

Примечание: 1 – содержание Р в почве, мг/г; 2 – содержание Р в листьях, мг/г; 3 – коэффициент накопления Р; 4 – содержание Cd в почве, мг/кг; 5 – содержание Cd в листьях, мг/кг; 6 – коэффициент накопления Cd; 7 – содержание Pb в почве, мг/кг; 8 – содержание Pb в листьях, мг/кг; 9 – коэффициент накопления Pb; 10 – содержание N в почве, мг/г; 11 – содержание N в листьях, мг/г; 12 – коэффициент накопления N; 13 – содержание Cu в почве, мг/кг; 14 – содержание Cu в листьях, мг/кг; 15 – коэффициент накопления Cu; 16 – содержание Zn в почве, мг/кг; 17 – содержание Zn в листьях, мг/кг; 18 – коэффициент накопления Zn; 19 – содержание флавоноидов в листьях, % от их сухой массы.

Результаты исследования показывают, что химические элементы в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench накапливаются с разной интенсивностью. Вечнозеленое растение олиготрофных болот Среднего Приобья *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench интенсивно накапливает в листьях фосфор и азот, а тяжелые металлы не накапливаются вследствие сформированного комплекса адаптаций для выполнения барьерной функции. Данное положение в наибольшей степени относится к кадмию и свинцу, а в наименьшей – к меди и цинку.

В системе почва–растение предварительно выявлены следующие взаимосвязи:

1. В олиготрофных геоботанически однородных болотных почвогрунтах отмечаются микрофлуктуации по всем исследованным элементам.

2. По отношению к разным исследованным химическим элементам вечнозеленые рас-

тения Среднего Приобья проявляют специфические способности к накоплению:

– биогенные элементы, фосфор и азот, активно накапливаются в растениях;

– кадмий и свинец сталкиваются с выраженной барьерной функцией со стороны растений;

– медь и цинк не проявляют выраженного накопления или отторжения.

3. Растения комфортно развиваются (растут и плодоносят) в условиях олиготрофных болот Среднего Приобья.

4. Расчет значений корреляций показывает, что связи между процессами накопления исследованных химических веществ в растениях слабо выражены.

5. Валовое содержание флавоноидов не образует достоверных связей ни с одним из исследованных параметров в почве и растениях. Анализ суммы параметров почвы (6 показателей) показал, что положение образца как сово-

купности из 6 веществ не образует линейной структуры в зависимости от концентрации того или иного вещества (Мавлетова-Чистякова 2017).

Результаты исследования экстрактов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench методом ВЭЖХ показали, что в каждом растительном образце выявляется большое число веществ, от 21 до 41 (рис. 2, 3, табл. 5).

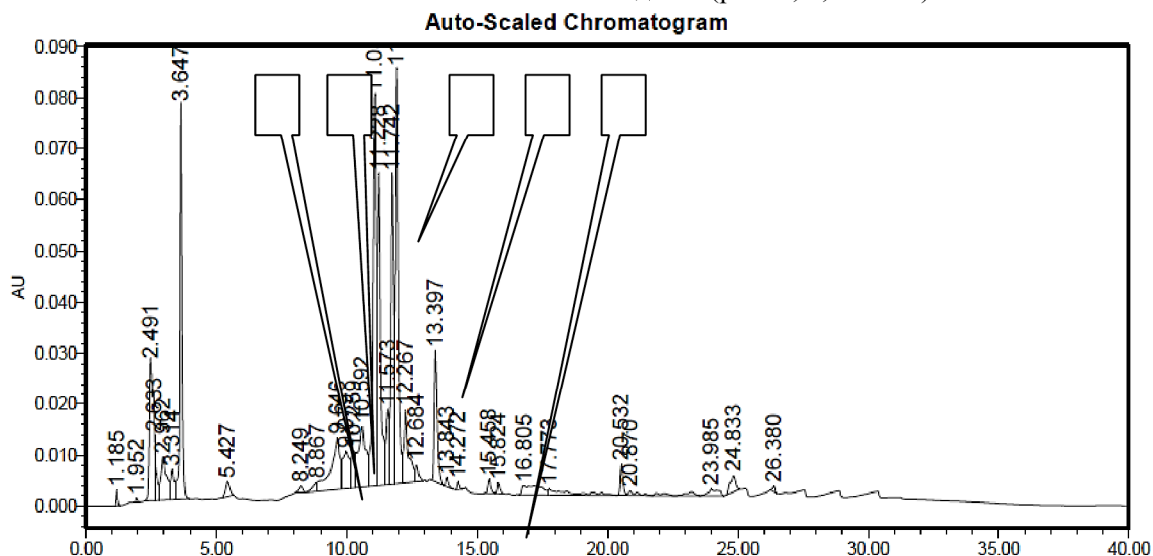


Рис. 2. Хроматограмма экстракта листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench: по оси x – интенсивность сигнала, по оси y – время выхода пика, min; 1-5 – пики, идентифицированные по стандартам: 1. нарингин, время высвобождения пика - 10,30 min; 2. рутин - 10,59 min; 3. дегидрокверцетин - 11,94 min; 4. физетин – 13,397 min; 5. кверцитин – 15,458 min

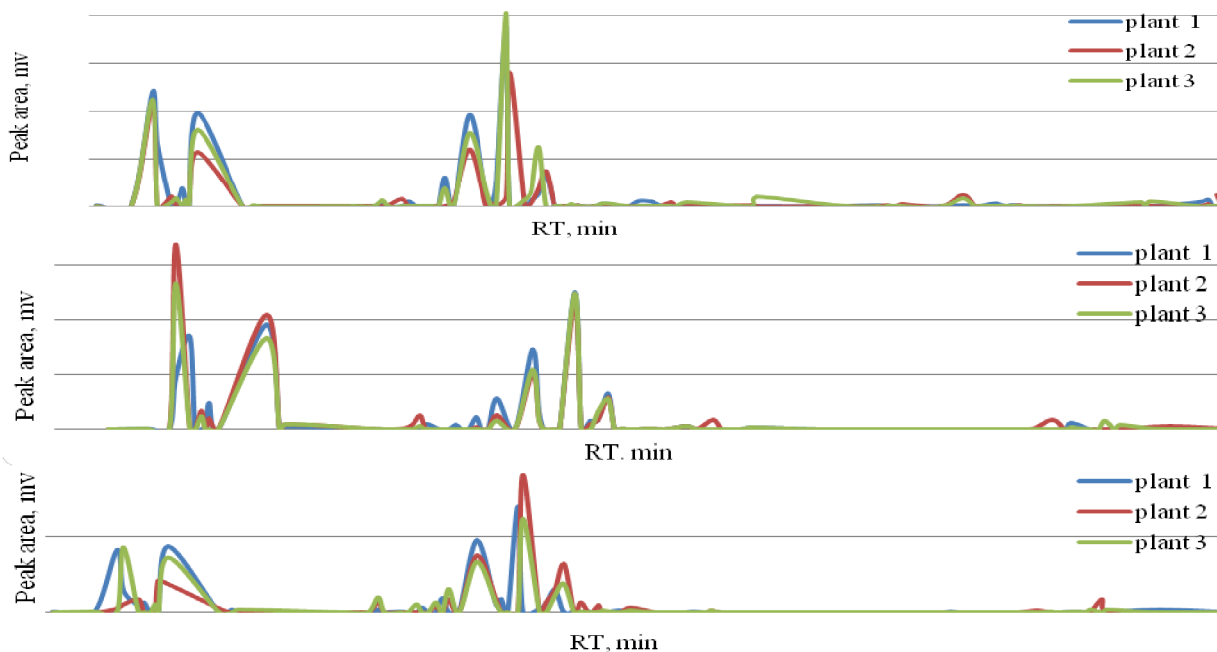


Рис. 3. Спектры флавоноидов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench

Результаты исследования хроматограмм спиртовых экстрактов вечнозеленых растений Среднего Приобья показывают, что в разных популяциях одного и того же растения наблюдается разное количество пиков хроматограмм, а значит разное количество веществ в растительных тканях или их качественное состояние. Для хроматограмм *Chamaedaphne calyculata*

(L.) Moench число пиков для всех исследованных растений составило 108, что отлично от других наших исследований, описанных в литературе: *Oxycoccus palustris* – 76, для степных видов *Juniperus sabina* – 107, для *Glycyrrhiza korshinskyi* – 114 (Usmanov 2019; Мавлетова-Чистякова 2017).

Иерархия хроматограмм для 5 уровней комбинации

Уровни суммирования/объединения хроматограмм	Растения/группы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число пиков у отдельных растений	36	41	34	33	30	34	32	28	21
Число пиков для 2 объединенных хроматограмм	44		39		46			41	
Хроматограммы сгруппированы по 3	54			49			43		
Массив хроматограмм разделен на 2	75					69			
Суммарное число пиков для всех хроматограмм исследованной ценопопуляции	108								

Исследования показали, что хроматограммы спиртовых экстрактов растения *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в разных популяциях кардинально различаются между собой, что указывает на разное количество или качество веществ в растении. Каждое растение практически имеет индивидуальные особенности по разнообразию фиксируемых веществ.

В ходе исследования выявлено, что растительные организмы имеют следующие качественные различия:

1) общим свойством хроматограмм является высокая гетерогенность и низкий уровень сходства;

2) сумма веществ в ценопопуляциях всегда больше, чем в любой зарегистрированной хроматограмме.

Полученные факты указывают на высокую вероятность участия нейтральных механизмов в формировании спектров флавоноидов исследованных естественных ценопопуляций (Усманов 2015, 2019).

Сравнение хроматограмм как комплексных последовательностей методом главных компонент (Розенберг 2013) показал, что сумма влияния экологических факторов по обеим комплексным осям не превышает 40%, что указывает на большую долю неучитываемых регуляторов (более 60%) (рис. 4).

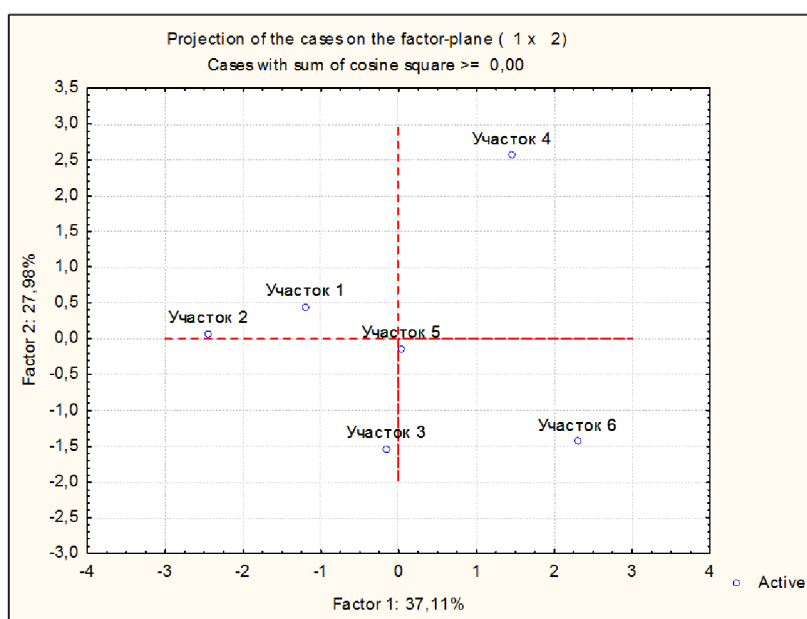


Рис. 4. Анализ меры сходства хроматограмм в пространстве метода главных компонент

Корреляционный анализ результатов исследования показал на очень низкий уровень взаимозависимостей между расположением пиков, их числом и величиной. Анализ сходства распределений пиков в хроматограммах с помощью коэффициента Коха также показал на низкие значения сходства между пулами веществ в ценопопуляциях – от 0,03 до 0,18, что указывает на очень низкий уровень сходства хроматограмм (Щербаков 2013).

Такие особенности хроматограмм позволили предположить, что система биосинтеза флавоноидов обладает свойствами стохастического фрактала: случайное распределение пиков в отдельной хроматограмме воспроизводится в других хроматограммах, в том числе при наложении хроматограмм по 2, 3 и т. д. Во всех случаях коэффициенты корреляции и коэффициенты сходства минимальны (Martin 2005; Milne 1991).

После проведения вычислительных процедур фрактального анализа (Гелашвили 2013; Usmanov 2016; Andreson 1995) было доказано, что состав любой хроматограммы в измеренном интервале имеет стохастические свойства, слабо зависит от колебаний условий среды и определяется комплексом генетических, физиологических и экологических факторов (Усманов 2014, 2016; Usmanov 2017; Иванов 2017).

Совокупность полученных данных позволяет в качестве основной гипотезы рассматривать суммы флавоноидов вечнозеленых растений олиготрофных болот Среднего Приобья как уникальный региональный продукт, антиоксидантные, противовоспалительные, антиаллергенные свойства которого целесообразно изучить более подробно.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сделать обобщенные выводы:

1. Флавоноидный спектр *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench содержит от 20 до 60

разных соединений у всех исследованных растений.

2. Флавоноиды обнаруживаются в больших количествах на всех этапах сезонных изменений.

3. Характер распределения спектров флавоноидов носит сложный многофакторный характер и не может быть однозначно интерпретирован как зависимость от того или иного фактора.

4. Получены доказательства того, что в распределении флавоноидов определяющую роль играют стохастические процессы, а регулирующие факторы биогенной и абиогенной природы имеют второстепенное значение.

5. Сумма флавоноидов растения *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, произрастающего на олиготрофных болотах Западной Сибири, обеспечивает ему адаптивные преимущества в условиях многофакторного лимитирования роста высших растений листопадных видов.

ЛИТЕРАТУРА

- Аитов И. С., Иванов В. Б. 2013. Трансформация почвогрунтов на лицензионных участках нефтедобывающих компаний // Региональная экологическая политика в условиях существующих приоритетов развития нефтегазодобычи: Материалы III съезда экологов нефтяных регионов. Новосибирск: Изд-во «Параллель», 158–168.
- Баширова Р. М., Усманов И. Ю., Ломаченко Н. В. 1998. Вещества специализированного обмена растений (классификация, функции): Учебное пособие. Уфа: Изд-во БашГУ.
- Гелашвили Д. Б., Иудин Д. И., Розенберг Г. С., Якимов В. Н., Солнцев Л. А. 2013. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ.
- Иванов В. Б., Калиновская Е. А., Иванов Н. А., Александрова В. В., Усманов И. Ю. 2017. Геохимическая оценка воздействия шламовых амбаров на верховые болотные почвы // В мире научных открытий 9:2-2, 23–28.
- Иванов В. Б., Оберемченко А. А. 2016. Эколого-химический анализ состояния почвенных ресурсов на территории лицензионного участка // Восемнадцатая Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 1074–1078.
- Иванов В. Б., Усманов И. Ю., Александрова В. В., Иванов Н. А., Болотин К. И., Иванова Л. Г., Копылов Е. О. 2017. Количественные и качественные критерии преобразования и самовосстановления природных комплексов в результате загрязнения нефтепродуктами // В мире научных открытий 9:1-2, 56–65.
- Кабата-Пендиас А. 2005. Проблемы современной биохимии микроэлементов // Российский химический журнал XLIX:3, 15–20.
- Мавлетова-Чистякова М. В., Щербаков А. В., Иванов В. Б., Юмагулова Э. Р., Усманов И. Ю. 2017. Пульсирующая мозаичность параметров почв Южного Зауралья // Вестник Нижневартковского государственного университета 4, 124–133.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. 2012. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем.
- Овечкина Е. С. 2017. Предварительный продромус выделенных на территории Самотлорского месторождения иерархических единиц растительности // Бюллетень науки и практики 2, 78–90.
- Овечкина Е. С., Шаяхметова Р. И. 2015. Влияние антропогенных факторов на содержание пигментов соевых обыкновенной в летне-зимний период на территории Нижневартковского района // Известия Самарского научного центра Российской академии наук 17:6, 236–241.
- Розенберг Г. С. 2013. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, Т. 1.
- Розенберг Г. С. 2013. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, Т. 2.
- Семенов И. Н., Суяндукоев Я. Т., Ильбулова Г. Р. 2012. Биологическая активность почв как индикатор их экологического состояния в условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами. Уфа: Гилем.
- Софронова В. Е. 2010. Растворимые фенольные соединения и устойчивость вечнозеленых растений к стрессовым факторам криолитозоны // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова 3, 21–27

Усманов И. Ю., Овечкина Е. С., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Щербаков А. В., Шаяхметова Р. И. 2015. Проблемы самовосстановления экосистем Среднего Приобья при антропогенных воздействиях нефтедобывающего комплекса // Вестник Нижневартговского государственного университета 1, 70–86.

Усманов И. Ю. 1987. Аутэкологические адаптации растений к изменениям азотного питания. Уфа: Изд-во БФАН СССР.

Усманов И. Ю., Овечкина Е. С., Шаяхметова Р. И. 2015. Распространение влияния нефтяного шлама // Вестник Нижневартговского государственного университета. Серия «Биологические науки» 3, 84–94.

Усманов И. Ю., Семенова И. Н., Щербаков А. В., Суяндукоев Я. Т., Усманов Ю. И. 2014. Эндемичные экологические ниши Южного (Башкирского) Зауралья: многомерность и флуктуирующие режимы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета 1, 16–21.

Усманов И. Ю., Щербаков А. В., Мавлетова М. В., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Александрова В. В. 2016. Пульсирующая многомерная экологическая ниша растений: расширение объема понятия // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 18:2-2, 525–529.

Усманов И. Ю., Щербаков А. В., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б. 2019. Признаки нейтральности при формировании спектров флавоноидов в природных ценопопуляциях // Экология и эволюция: новые горизонты: Материалы Международного симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца (Екатеринбург, 1–5 апреля 2019 г.). Екатеринбург: Гуманитарный ун-т, 288–290.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Коркина Е. А., Щербаков А. В., Иванов И. А., Рябуха А. В. 2016. Адаптация экосистем Среднего Приобья в зоне нефтедобычи: иерархия и длительность процессов // Вестник Нижневартговского государственного университета 2, 87–94.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Коркина Е. А., Щербаков А. В., Иванов И. А., Рябуха А. В. 2016. Адаптация экосистем Среднего Приобья в зоне нефтедобычи: иерархия и длительность процессов // Вестник Нижневартговского государственного университета 2, 87–94.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Овечкина Е. С., Иванов В. Б., Щербаков А. В., Александрова В. В., Иванов И. А. 2015. Адаптация программы переключения вечнозеленых кустарничков в антропогенных условиях на олиготрофных болотах Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал 10(41), 113–117.

Федоровский Д. Б. 1979. Микрораспределение питательных веществ в почвах. М.: Наука.

Фурса Н. С., Горькова А. С. 2013. Углеводы и аминокислоты листьев и плодов хамедафне // Фармация 6, 27–29.

Щербаков А. В. 2013. Пластичность корреляционных связей между показателями основного и специализированного метаболизма растений как ответная реакция на непредсказуемость среды обитания // Известия Самарского научного центра РАН 15:3-1, 366–371.

Andreson A. N., McBrantey A. B. 1995. Soil Aggregates as mass fractals // Australian J. Soil Research 33, 757–772.

Berlim L. S., Bezerra Jr. A. G., Pazin W. M., Ramin T. S., Schreiner W. H., Ito A. S. 2018. Photophysical properties of flavonoids extracted from *Syngonanthus nitens*, the golden grass // Journal of Luminescence 194, 394–400. DOI: 10.1016/j.jlumin.2017.10.040.

Cai T., Guo Z. Q., Xu X. Y., & Wu Z. J. 2018. Recent (2000–2015) developments in the analysis of minor unknown natural products based on characteristic fragment information using LC–MS // Mass spectrometry reviews 37:2, 202–216. DOI: 10.1002/mas.21514.

Caniego F. J., Espejo R., Martin M. A., San Jose F. 2005. Multifractal scaling of soil spatial variability // Ecol. Model. 182, 291–303.

Martin M. A., Pachepsky Y. A., Perfect E. 2005. Scaling, fractals and diversity in soils and ecophysiology // Ecol. Model. 182, 217–220.

Martz F., Jaakola L., Julkunen-Tiitto R., Stark S. 2010. Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) Leaves in Northern Europe Following Foliar Development and Along Environmental Gradients // Journal of Chemical Ecology 36:9, 1017–1028. DOI: 10.1007/s10886-010-9836-9.

Milne B. T. 1991. The utility of fractal geometry in landscape design // Landscape and Urban Planning 21, 81–90.

Усманов И. Ю., Иванов В. Б., Абдрахимова Г. С., Шчербаков А. В., Юмагулова Э. Р., Александрова В. В. 2019. Fractal Analysis of Flavonoids in Composition HPLC-Fingerprint Extracts of *Oxycoccus palustris* Pers. (ERICACEAE) in Oligotrophic Swamps of Western Siberia // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJABR) 10:2, 369–376.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Овечкина Е. С., Иванов В. Б., Шчербаков А. В., Александрова В. В., Иванов И. А. 2016. Fractal Analysis of Morpho-Physiological Parameters of *Oxycoccus palustris* Pers in oligotrophic Swamps of Western Siberia // Vegetos 29:1. DOI: 10.4172/2229-4473.1000101.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Шчербаков А. В., Иванов В. Б., Александрова В. В., Иванов И. А., Мавлетова-Чистуакова М. В. 2017. Physiological Barriers for Adventitious Species Invasion in Oligotroph Ecosystems of the Middle Ob Area // Vegetos 30:4. DOI: 10.4172/2229-4473.1000338.

Valavanidis A., Vlachogianni T. 2013. Plant polyphenols: recent advances in epidemiological research and other studies on cancer prevention // Studies in Natural Products Chemistry. Elsevier, 39, 269–295. DOI: 10.1016/B978-0-444-62615-8.00008-4.

Walch-Liu P., Ivanov I. I., Filleur S., Gan Y., Remans T., Forge B.G. 2006. Nitrogen Regulation of Root Branching // *Annals of Botany* 97(5), 875–881.

REFERENCES

Aitov, I.S., & Ivanov, V.B. Transformatsiya pochvogruntov na litsenzyonnykh uchastkakh nefte dobyvayushchikh kompaniy [Transformation of soil in license areas of oil producing companies]. In: Regionalnaya ekologicheskaya politika v usloviyah suschestvuyuschih prioritetov razvitiya neftegazodobyichi: Materialy III syezda ekologov neftyanykh regionov [Regional ecological policy under existing priorities of oil extraction: Proceedings of the 3rd meeting of ecologists from oil regions]. Novosibirsk: Parallel, 2013, pp. 158–168. (In Russian).

Bashirova, R.M., Usmanov, I.Yu., & Lomachenko, N.V. Veshchestva spetsializirovannogo obmena rastenii klassifikatsiya funktsii: uchebnoe posobie [Substances of Specialized Plant Exchange: Study Guide]. Ufa: Izdatelstvo BashGU, 1998. 159 p. (In Russian).

Gelashvili, D.B., Iudin, D.I., Rosenberg, G.S., Yakimov, V.N., & Solntsev, L.A. Fraktaly i multifraktaly v bioekologii [Fractals and Multifractals in Bioecology]. Nizhny Novgorod: Izdatelstvo NNGU, 2013. 370 p. (In Russian).

Ivanov, V.B., Kalinovskaya, E.A., Ivanov, N.A., Aleksandrova, V.V., & Usmanov, I.Yu. Geokhimicheskaya ocenka vozdeystviya shlamovykh ambarov na verkhovye bolotnye pochvy [Geochemical assessment of mud pits affecting upper swamp soils]. In: V mire nauchnykh otkrytiy, 2017 (9), issue 2-2, pp. 23–28. (In Russian).

Ivanov, V.B., & Oberemchenko, A.A. Ekologo-khimicheskii analiz sostoyaniya pochvennykh resursov na territorii litsenzyonnogo uchastka [Ecological and chemical analysis of soil resources in a license area]. In: Vosemnadtsataya Vserossiiskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta [The 18th Student Research Conference at Nizhnevartovsk State University]. Nizhnevartovsk: Izdatelstvo NVGU, 2016, pp. 1074–1078. (In Russian).

Ivanov, V.B., Usmanov, I.Yu., Aleksandrova, V.V., Ivanov, N.A., Bolotin, K.I., Ivanova, L.G., & Kopylov, E.O. Kolichestvennyye i kachestvennyye kriterii preobrazovaniya i samovosstanovleniya prirodnykh kompleksov v rezultate zagryazneniya nefteproduktami [Quantitative and qualitative criteria for the transformation and self-restoration of natural systems as a result of pollution with oil products]. In: V mire nauchnykh otkrytiy, 2017 (9), issue 1-2, pp. 56–65. (In Russian).

Kabata-Pendias, A. Problemy sovremennoy biokhimii mikroelementov [Problems of modern biochemistry of microelements]. In: Rossiiskii khimicheskii zhurnal, 2005 (XLIX), issue 3, pp. 15–20. (In Russian).

Mavletova-Chistyakova, M.V., Shcherbakov, A.V., Ivanov, V.B., Yumagulova, E.R., & Usmanov, I.Yu. Pulsiruyuschaya mozaichnost parametrov pochv Yuzhnogo Zauraliya [Pulsating mosaic of soil parameters of the Southern Trans-Urals]. In: Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2017 (4), pp. 124–133. (In Russian).

Mirkin, B.M., & Naumova L.G. Sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsii nauki o rastitelnosti [Current State of Scientific Concepts on Vegetation]. Ufa: Gilem, 2012. 488 p. (In Russian).

Ovechkina, E.S. Predvaritelnyy prodromus vydelennykh na territorii Samotlorskogo mestorozhdeniya ierarkhicheskikh edinits rastitelnosti [A preliminary prodromus of hierarchical units of vegetation allocated in the Samotlor field of deposits]. In: Bulletin nauki i praktiki, 2017 (20), issue 15, pp. 78–90. (In Russian).

Ovechkina, E.S., & Shayakhmetova, R.I. Vliyaniye antropogennykh faktorov na sodержaniye pigmentov sosny obyknovnoy v letne-zimniy period na territorii Nizhnevartovskogo rayona [The influence of anthropogenic factors on the content of pine ordinary pigments in the summer-winter period in the territory of the Nizhnevartovsk region]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk, 2015 (17), issue 6, pp. 236–241. (In Russian).

Rozenberg, G.S. Vvedenie v teoreticheskuyu ekologiyu T. 1 [Introduction to Theoretical Ecology. V. 1]. Tolyatti: Cassandra, 2013. (In Russian).

Rozenberg, G.S. Vvedenie v teoreticheskuyu ekologiyu T. 2 [Introduction to Theoretical Ecology. V. 2]. Tolyatti: Cassandra, 2013. (In Russian).

Semenova, I.N., Suyundukov, Y.T., & Ilbulova, G.R. Biologicheskaya aktivnost pochv kak indikator ikh ekologicheskogo sostoyaniya v usloviyakh tekhnogennogo zagryazneniya tiazhelymi metallami [Biological Activity of Soils as an Indicator of Ecological State in the Conditions of Technogenic Pollution with Heavy Metals]. Ufa: Gilem, 2012. 196 p. (In Russian).

Sofronova, I.E. Rastvorimyye fenolnyye soyedineniya i ustoychivost vечнозеленых растений k stressovym faktoram kriolitozony [Soluble phenol compounds and stability of evergreen plants]. In: Vestnik Severo-Vostochnogo federalnogo universiteta imeni M.K. Ammosova, 2010 (3), pp. 21–27. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Ovechkina, E.S., Yumagulova, E.R., Ivanov, V.B., Scherbakov, A.V., & Shayakhmetova, R.I. Problemy samovosstanovleniya ekosistem Srednego Priobya pri antropogennykh vozdeystviyakh nefte dobyvayushchego kompleksa [Problems of restoration of ecosystems of the Middle Ob when anthropogenic impacts of the oil-producing complex]. In: Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015 (1), pp. 70–86. (In Russian).

Usmanov, I.Yu. Autekologicheskie adaptatsii rastenii k izmeneniyam azotnogo pitaniya [Autecological Adaptations of Plants to Nitrogen Changes]. Ufa: BFAN SSSR, 1987. 148 p. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Ovechkina, E.S., & Shayakhmetova, R.I. Rasprostraneniye vliyaniya neftyanogo shlama [The spread of impact of oil sludge]. In: Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015 (3), pp. 84–94. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Semenova, I.N., Scherbakov, A.B., Suyundukov, Ya.T., & Usmanov, Yu.I. Endemicheskiye nishi Yuzhnogo (Bashkirskogo) Zauralya: mnogomernost i fluktuiruyushchiye rezhimy [Endemic ecological niches of the Southern (Bashkir) Trans-Urals: Multidimensionality and fluctuating modes]. In: Vestnik BGAU, 2014 (1), pp. 16–21. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Scherbakov, A.V., Mavletova, M.V., Yumagulova, E.R., Ivanov, V.B., & Aleksandrova, V.V. Pulsiruyushchaya mnogomernaya ekologicheskaya nisha rasteniy: rasshireniye obyema ponyatiya [Pulsating multidimensional ecological niche of plants: Expansion of the concept]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2016 (18), issue 2-2, pp. 525–529. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Shcherbakov, A.V., Yumagulova, E.R., & Ivanov V.B. Priznaki neytralnosti pri formirovaniy spektror flavonoidov v prirodnykh tsenopopulyatsiyakh [Signs of neutrality in the formation of flavonoid spectra in natural coenopopulations]. In: Ekologiya i evolyutsiya: novyye gorizonty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma, posvyashchennogo 100-letiyu akademika S.S. Shvartsa [Ecology and evolution: New horizons. Proceedings of the International Symposium Commemorating the 100th Anniversary of Academician S.S. Schwarz]. (April 1–5, 2019; Yekaterinburg). Yekaterinburg: Gumanitarnyy universitet, 2019, pp. 288–290. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Ivanov, V.B., Korkina, E.A., Shcherbakov, A.V., Ivanov, I.A., & Ryabukha, A.V. Adaptatsiya ekosistem srednego Priob'ya v zone nefte dobychi: iyerarkhiya i dlitel'nost' protsessov [Adaptation of ecosystems of the Middle Ob in the oil production zone: Hierarchy and duration of processes]. In: Bulletin Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2016 (2), pp. 87–94. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Ovechkina, E.S., Ivanov, V.B., Scherbakov, A.V., Aleksandrova, V.V., & Ivanov, N.A. Adaptatsiya programmy pereklyucheniya vechnozelenykh kustarnichkov v antropogennykh usloviyakh na oligotrofnyykh bolotakh zapadnoy Sibiri [Adaptation of the program to switch evergreen shrubs in anthropogenic conditions in oligotrophic swamps of western Siberia]. In: Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 2015 (10), issue 41, pp. 113–117. (In Russian).

Fedorovsky, D.B. Mikroraspredelenie pitatelnykh veshchestv v pochvakh [Microdistribution of Nutritional Elements in Soil]. Moscow: Nauka, 1979. 191 p. (In Russian).

Fursa, N.S., & Gorkova, A.S. Uglevody i aminokisloty listiev i plodov khamedafne [Carbohydrates and amino acids in bog myrtle (*Chamaedaphne calyculata*) leaves and fruits]. In: Farmatsiya, 2013 (6), pp. 27–29. (In Russian).

Shcherbakov A.V. Plastichnost korrelyatsionnykh svyazey mezhdru pokazatelyami osnovnogo i spetsializirovannogo metabolizmarasteniy kak otvetnaya reaktsiya na nepredskazuemost srede obitaniya [Plasticity of correlations between indicators of main and specialized metabolism of plants as a response to the unpredictability of the environment]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2013 (15), issue 3-1, pp. 366–371. (In Russian).

Andreson, A.N., & McBrantey, A.B. Soil aggregates as mass fractals. In: Australian Journal of Soil Research, 1995 (33), pp. 757–772.

Caniego, F.J., Espejo, R., Martin, M.A., & San Jose, F. Multifractal scaling of soil spatial variability. In: Ecological Modelling, 2005 (182), pp. 291–303.

Martin, M.A., Pachepsky, Y.A., & Perfect, E. Scaling, fractals and diversity in soils and ecohydrology. In: Ecological Modelling, 2005 (182), pp. 217–220.

Milne, B.T. The utility of fractal geometry in landscape design. In: Landscape and Urban Planning, 1991 (21), pp. 81–90.

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Ovechkina, E.S., Ivanov, V.B., Shcherbakov, A.B., Aleksandrova, V.V., & Ivanov, N.A. Fractal Analysis of Morpho-Physiological Parameters of *Oxycoccus Polustris* Pers in oligotrophic Swamps of Western Siberia. In: Vegetos, 2016 (29), 1. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.4172/2229-4473.1000101>.

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Scherbakov, A.V., Ivanov, V.B., Aleksandrova, V.V., Ivanov, N.A., & Mavletova-Chistuakova, M.V. Physiological barriers for adventitious species invasion in oligotrophic ecosystems of the Middle Ob area. In: Vegetos, 2017 (30), issue 4. doi: 10.5958/2229-4473.2017.00195.1

Walch-Liu, P., Ivanov, I.I., Filleur, S., Gan, Y., Remans, T., & Forge, B.G. Nitrogen regulation of root branching. In: Annals of Botany, 2006 (97), issue 5, pp. 875–881.

I.Yu. Usmanov, E.R. Yumagulova, V.V. Aleksandrova,
I.G. Gonchar, A.V. Scherbakov, V.B. Ivanov
Nizhneartovsk, Ufa, Russia

COMPLEXES OF *CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA* (L.) MOENCH FLAVONOIDS IN OLIGOTROPHIC BOGS OF THE MIDDLE OB RIVER

Abstract. The high-performance liquid chromatographyspectra of metaboloms from the coenopopulations of *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, found in the oligotrophic bogs of the Middle Ob, were compared. The studied coenopopulations formed 21 to 41 peaks in the chromatograms. The peaks differed by exit time. After summing up the peaks for *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench at the chromatograms, their number reached 108. The results point at a high probability of neutralist mechanisms participating in formation of the flavonoid spectra of the coenopopulations. The biodiversity of flavonoids may form regional (geographical) foodstuffs depending on ecological conditions of the region.

Key words: *Chamaedaphne calyculata*; flavonoids; natural coenopopulation; high performance liquid chromatography; regional foodstuffs.

About the authors: Vyacheslav Borisovich Ivanov¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor; Elvira Ramilevna Yumagulova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Viktoria Viktorovna Aleksandrova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Ivan Gennadevich Gonchar¹, Postgraduate Student; Arkady Vladimirovich Scherbakov², Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher; Iskander Yusufovich Usmanov^{1,3}, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher.

Place of employment: ¹Nizhnevartovsk State University, ²Bachincom LLC, ³Ufa State Petroleum Technological University.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 18-44-860006.

Усманов И.Ю., Юмагулова Э.Р., Александрова В.В., Гончар И.Г., Щербakov А.В., Иванов В.Б. Комплексы флавоноидов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench олиготрофных болот средней Оби // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 59–71.

Usmanov I.Yu., Yumagulova E.R., Aleksandrova V.V., Gonchar I.G., Scherbakov A.V., Ivanov V.B. Complexes of *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench flavonoids in oligotrophic bogs of the Middle Ob River // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 59–71.

УДК 504.064

А.О. Мамедова, Р.Н. Мамедова
г. Баку, Азербайджан

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОИНДИКАТИВНЫХ СВОЙСТВ *QUERCUS CASTANEIFOLIA* С.А. МЕУ НА ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования индикативных и ремедиативных свойств каштанолистного дуба – *Quercus castaneifolia* С.А. Меу на территории республики Азербайджан. Исследование проводилось с целью оценки перспективности использования данного растения в оценке и управлении качеством окружающей среды в Азербайджане. Для исследования были выбраны 4 пробные площадки, отличающиеся по степени экологического загрязнения. 2 пробные площадки были на территории города Баку – столицы Азербайджанской Республики, где зафиксирован достаточно высокий уровень загрязнения, а 2 другие располагались за пределами города. Оценка индикативных свойств каштанолистного дуба была проведена на основе анализа стабильности развития морфогенеза листьев. Для определения стабильности развития использован метод флуктуирующей асимметрии. Биоаккумулятивные свойства растения были исследованы на основе элементного анализа листьев и почвы. Для этого были использованы методы пробоотбора, пробоподготовки и анализа, соответствующие государственным стандартам Российской Федерации (ГОСТ). Анализ основных химических компонентов в пробах листьев и почв проведен на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой и атомно-абсорбционном спектрометре. Анализ микрокомпонентов проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре. Установлена тесная корреляционная связь между степенью техногенного загрязнения среды и уровнем стабильности развития морфологических признаков листьев *Q. castaneifolia*. Повышение уровня экологического загрязнения среды приводит к увеличению показателя флуктуирующей асимметрии листьев. Также исследование показало, что растение *Q. castaneifolia* обладает ремедиативным свойством. Соответственно, был сделан вывод о том, что каштанолистный дуб может быть использован в комплексной системе экологического мониторинга среды в условиях Азербайджана.

Ключевые слова: биоиндикация; флуктуирующая асимметрия; элементный анализ.

Сведения об авторах: Афет Октай гызы Мамедова¹, доктор биологических наук, профессор, заведующая отделом магистратуры и докторантуры; Роза Назим гызы Мамедова², докторант.

Место работы: ^{1,2}Бакинский государственный университет.

Контактная информация: ^{1,2}AZ 1148, Азербайджан, г. Баку, ул. Захид Халилова, д. 23; ¹тел. +994 50 210 24 45, e-mail: m.afet@mail.ru; ²тел.: +994 55 718 69 48, e-mail: roza2019@mail.ru.

Введение

В настоящее время экологические проблемы являются одними из основных глобальных проблем, стоящих перед современной ци-

вильзацией. Стремясь преобразовать природу в своих интересах, современное индустриальное общество осуществляет невиданное давление на окружающую среду. При таком уровне негативного антропогенного воздействия необхо-