

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

№ 2 (22)

2018

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

- Преснякова Е. В., Аль-Рабади Е. Е., Семёнова Е. Ф., Шмараева А. Н.*  
Жирнокислотный состав видов катрана..... 3

БОТАНИКА

- Годин В. Н., Дозорова С. В., Архипова Т. В.* Особенности цветения  
*Aegopodium podagraria* (Ariaceae) в Московской области ..... 17

ЭКОЛОГИЯ

- Дышлюк Л. С., Просеков А. Ю.* Изучение термодинамическими  
методами потенциала природных композитов как основы  
биоразлагаемых пленок ..... 29
- Сультимова Т. Д., Стоянова Л. Г.* Изучение антибактериальных свойств  
консорциума микроорганизмов ..... 42
- Заикина В. Н., Околелова А. А., Корчагина М. П.* Способы трансформации  
тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский ..... 52
- Бастанов Р. И.* Влияние паразитофауны на особенности физиологии  
плотвы Аргазинского водохранилища ..... 63
- Леонова Н. А., Тимофеева Ю. А., Ильин В. Ю.* Популяционная структура  
*Fraxinus excelsior* L. на северо-восточной границе ареала ..... 75

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Бетуганова А. Л.* Оценка физического развития девушек  
Кабардино-Балкарской республики..... 88

UNIVERSITY PROCEEDINGS  
VOLGA REGION

NATURAL SCIENCES

№ 2 (22)

2018

CONTENTS

PHYSICO-CHEMICAL BIOLOGY

- Presnyakova E. V., Al'-Rabadi E. E., Semenova E. F., Shmaraeva A. N.* Fatty acid composition of katran species ..... 3

BOTANY

- Godin V. N., Dozorova S. V., Arkhipova T. V.* Features of flower *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) in the Moscow region ..... 17

ECOLOGY

- Dyshlyuk L. S., Prosekov A. Yu.* Thermodynamic methods of capacity of natural composites as the basis of bio-dependable membranes ..... 29
- Sul'timova T. D., Stoyanova L. G.* Studying the antibacterial properties of the microorganism consortium ..... 42
- Zaikina V. N., Okolelova A. A., Korchagina M. P.* Methods of transformation of heavy metals in the soils of the agglomeration of Volgograd-Volzhsy ..... 52
- Bastanov R. I.* Influence of parasitophoua on the features of density physiology of the Argaza water reservoir ..... 63
- Leonova N. A., Timofeeva Yu. A., Il'in V. Yu.* Population structure of *Fraxinus excelsior* L. on the north east border of the areal ..... 75

BRIEF NOTES

- Betuganova A. L.* Assessment of girls physical development of Kabardino-Balkar Republic ..... 88

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

---

УДК 615.1:665.12:665.334.82

DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-1

*Е. В. Преснякова, Е. Е. Аль-Рабади, Е. Ф. Семёнова, А. Н. Шмараева*

## ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ВИДОВ КАТРАНА

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* В связи с растущим интересом к культуре цель исследования заключалась в проведении сравнительного анализа жирнокислотного состава видов катрана.

*Материалы и методы.* Работа базируется на экспериментальных данных. Измерения проводились в лаборатории при следующих условиях: 1) температура окружающей среды 20–25 °С; 2) относительная влажность воздуха – не более 80 %.

*Результаты.* Был проведен хроматографический анализ образцов семян видов катрана и было установлено качественное и количественное содержание жирных кислот.

*Выводы.* Внедрение нетрадиционных источников ценных масел позволит занять необходимые ниши в области лекарственного растениеводства и вместе с традиционными источниками повысить стабильность производства растительных масел и их разнообразие.

**Ключевые слова:** растительные масла, виды катрана, жирнокислотный состав.

*E. V. Presnyakova, E. E. Al'-Rabadi, E. F. Semenova, A. N. Shmaraeva*

## FATTY ACID COMPOSITION OF KATRAN SPECIES

### **Abstract.**

*Background.* Aim of present research was to carry out a comparative analysis of fatty acid content in katran species.

*Materials and methods.* Research is based on experimental data. Measurements were carried out in following conditions: 1) temperature 20–25 °C; 2) air relative humidity – no more than 80 %.

*Results.* Chromatographic analysis of katran fruits and seeds was conducted. Qualitative and quantitative content of fatty acid was determined.

*Conclusions.* Implementation of non-traditional sources of valuable vegetable oil allows increasing the stability of vegetable oil production. Furthermore, it will be possible to occupy free niches in the field of crop production.

**Key words:** vegetable oil, katran species, fatty acid composition.

---

© 2018 Преснякова Е. В., Аль-Рабади Е. Е., Семёнова Е. Ф., Шмараева А. Н. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

### Введение

Основные посевные площади масличных растений в России занимают подсолнечник, соя, рапс, горчица и лен. При этом можно наблюдать исчезновение одних масличных культур (сафлор, мак) и доминирование других (подсолнечник, рапс). Такая ситуация чревата нарушением агроэкологического равновесия [1]. Возделывание новых масличных культур, в том числе катрана абиссинского, обозначено как одно из приоритетных направлений сельского хозяйства Пензенской области в Стратегии инновационного развития региона на период до 2021 г. и прогнозный период до 2030 г. [2, 3].

Одной из тенденций развития мирового рынка продукции масличного комплекса в настоящее время является увеличение производства растительных масел, содержащих большое количество эруковой кислоты [4]. Достойную конкуренцию существующему источнику этого ценного компонента – рапсу – могут составить интродуцированные виды *Crambe* [5, 6]. Возделываемый в ряде регионов России катран абиссинский не уступает другим масличным крестоцветным по сбору масла с гектара, его качеству, обладая при этом высокой приспособленностью к изменениям агроклиматических условий [7]. Несмотря на малую изученность, дикорастущие многолетние виды катрана в последние годы привлекают внимание в связи с возможной лекарственной и пищевой ценностью, в частности, наличием эссенциальных жирных кислот и других биологически активных липофильных соединений.

Цель работы: провести сравнительный анализ жирнокислотного состава масла различных видов катрана.

### Материалы и методы исследования

Объектом для изучения служило масло семян разных видов катрана, культивируемых на территории Ботанического сада Южного федерального университета (Ростов-на-Дону) и полях Пензенского НИИ сельского хозяйства: многолетних – *Crambe cordifolia* Steven, *C. pinnatifida* R. Br., *C. maritima* L., *C. tatarica* L., *C. steveniana* Rupr. и однолетнего – *C. abyssinica* Hochst.

Выделение липофильных соединений из сырья осуществляли методом трехкратной экстракции гексаном с последующим удалением растворителя с помощью роторно-вакуумного испарителя. Качественный и количественный состав масла анализировали методом газожидкостной хроматографии согласно ГОСТ 51486-99 после предварительного перевода жирных кислот в метиловые эфиры по стандартной методике (ГОСТ 31665-2012). Определение проводили на хроматографе «Кристалл-2000» с пламенно-ионизационным детектором, используя в качестве стандарта смесь метиловых эфиров высших жирных кислот марки Supelco 37 Comp. FAME Mix 10 mg/ml in CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 47885-U (США).

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программы Microsoft Office Excel 2007 и пакета Statistica [8].

### Результаты и обсуждение

Авторами был изучен жирнокислотный состав масла семян шести видов катрана. Для примера на рис. 1 и 2 представлены типичные хроматограммы образцов масла катрана сердцелистного (*C. cordifolia*) и катрана пе-

ристого (*C. pinnatifida*). Анализ полученных хроматограмм показал, что образец масла катрана сердцелистного содержал преимущественно олеиновую кислоту (31,14 %), эруковую кислоту (25,59 %), линолеовую кислоту (16,64 %), эйкозеновую кислоту (15,78 %) и небольшое количество маргариновой (0,02 %) и миристинолеиновой (0,01 %) кислот. Образец масла катрана перистого по сравнению с образцом масла катрана сердцелистного характеризовался другим качественным и количественным составом: олеиновая кислота – 27,98 %, эруковая – 23,44 %, линолеовая – 22,63 %, эйкозеновая – 15,04 %, линоэлодиновая – 0,02 %, пентодекановая – 0,02 % и маргариновая – 0,01 %.

Сравнение результатов хроматографического анализа показало, что разные виды катрана отличаются качественным и количественным составом жирных кислот (ЖК) в образцах масла (рис. 3, 4). В наибольшем количестве в масле всех проанализированных видов катрана содержится пять жирных кислот: олеиновая, линолеовая, эруковая, эйкозеновая, линоленовая. Содержание олеиновой кислоты (30,93 %) максимально в масле катрана сердцелистного *C. cordifolia*, в масле катрана абиссинского *C. abyssinica* этого компонента – в 2 раза меньше (15,74 %). Масло катрана Стевена *C. steveniana* содержит наибольшее количество линолеовой кислоты (26,10 %), что более чем в 3 раза выше по сравнению с содержанием ее в масле семян катрана абиссинского (8,26 %). По содержанию эруковой кислоты в масле бесспорным лидером является катран абиссинский (57,90 %), другие виды содержат ее более, чем в 2 раза меньше (20–25 %). Эйкозеновая кислота присутствует во всех видах катрана в количестве 15–16 %, исключение составляет катран абиссинский с содержанием этого компонента 2,76 %. По содержанию линоленовой кислоты все виды не столь сильно различались – от 6 до 9 %, максимум ее – 9,49 % обнаружен в масле семян катрана перистого *C. pinnatifida*. Последний оказался единственным видом, масло семян которого содержит миристинолеиновую кислоту – 0,01 %.

Известно, что содержание жирных кислот в масле может варьировать в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Эта закономерность авторами была подтверждена на примере многолетника катрана морского *C. maritima*, культивируемого на территории Ботанического сада Южного федерального университета (табл. 1, 2, рис. 5, 6).

Сравнивая метеорологические показатели вегетационных периодов разных лет исследований и соответствующие средние многолетние значения, можно прийти к следующему выводу: 2014 г. (период вегетации сентябрь 2013 г. – август 2014 г.) следует считать типичным по температурным условиям и влажным; 2015 г. – засушливым с температурными показателями ниже нормы; 2016 г. – жарким и очень влажным, 2017 г. – засушливым и типичным по температурным показателям.

В типичные по температурным условиям годы авторы наблюдали максимальное накопление миристиновой, пальмитолеиновой, линоэлодиновой кислот, содержащихся в масле семян в наименьшем количестве. Однако в засушливых условиях авторами зафиксирован максимум накопления пальмитиновой, маргариновой, олеиновой, эруковой и нервоновой кислот. При этом изменчивость содержания, как правило, наиболее выражена (коэффициент вариации более 30 %) для кислот, имеющих низкое содержание, таких как линоэлодиновая, маргариновая, маргариноолеиновая, арахидоновая, лигноцериновая.

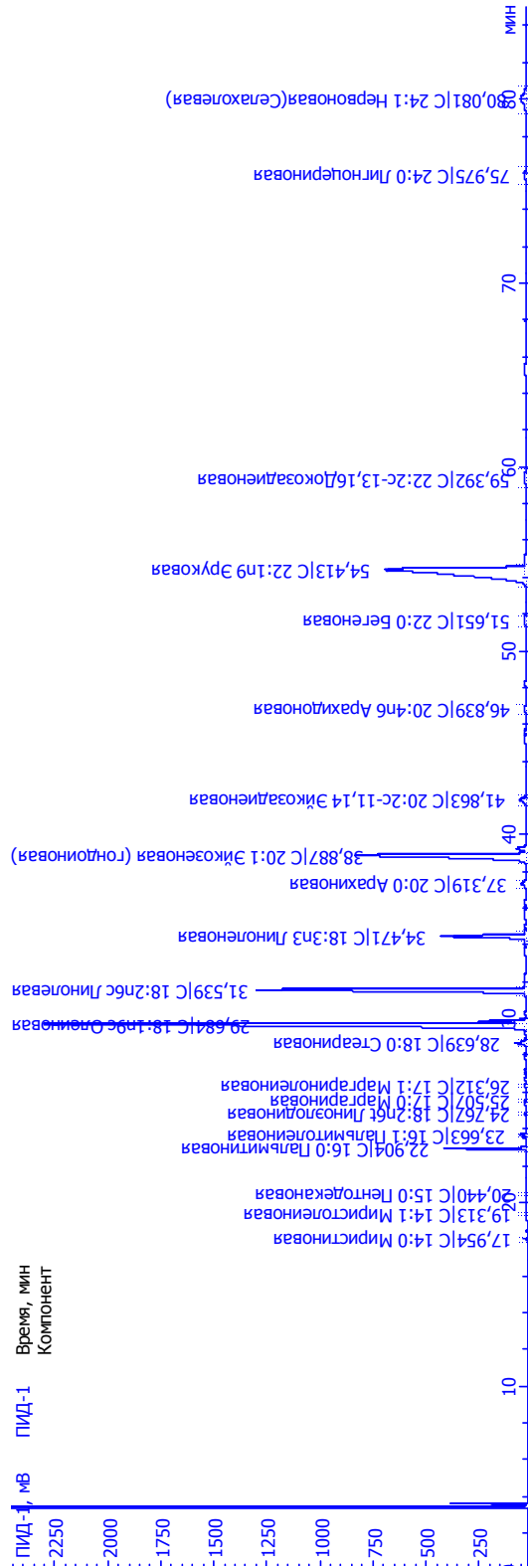


Рис. 1. Хроматограмма масла семян катрана сердцелистного *S. cordifolia* (дата сбора урожая 24.07.2017)

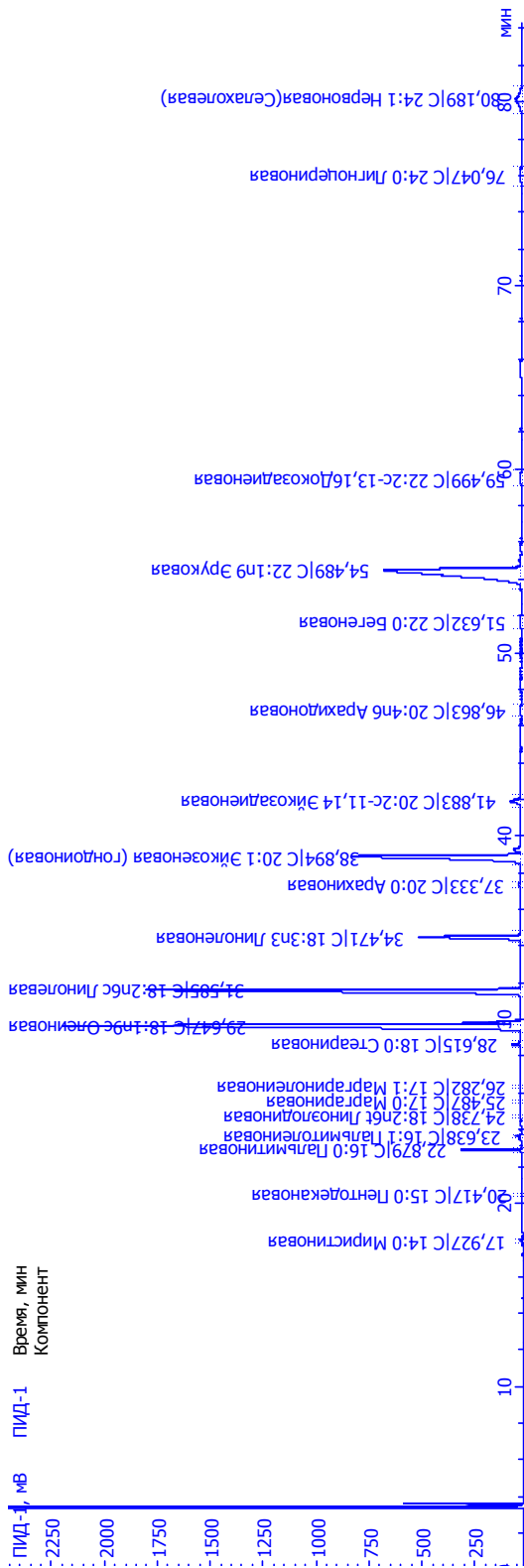


Рис. 2. Хромотограмма масла семян каграна перистого *C. pinnatifida* (дата сбора урожая 18.07.2016)

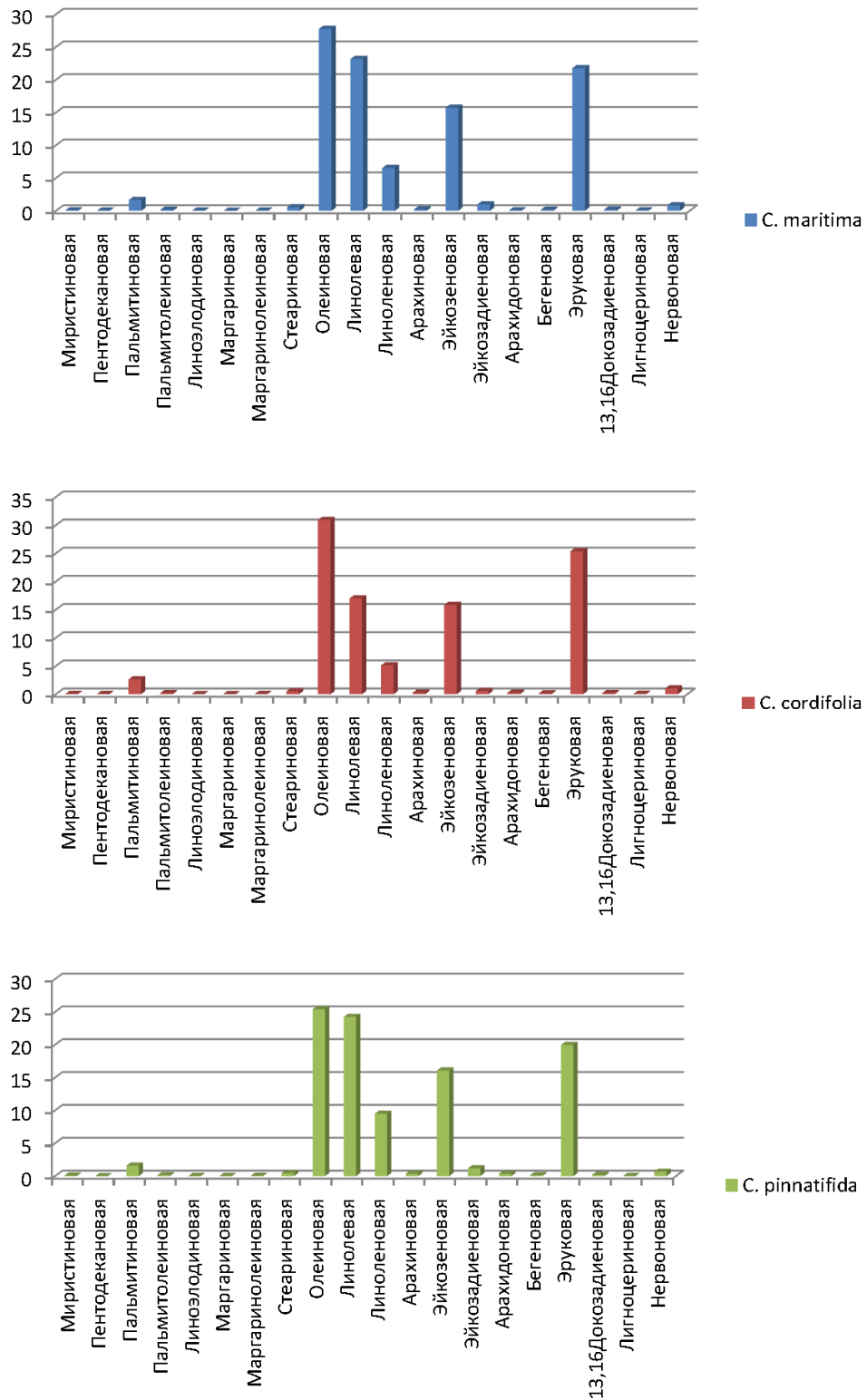


Рис. 3. Жирнокислотный состав (% , средние значения) семян видов катрана *Crambe L.* (начало)



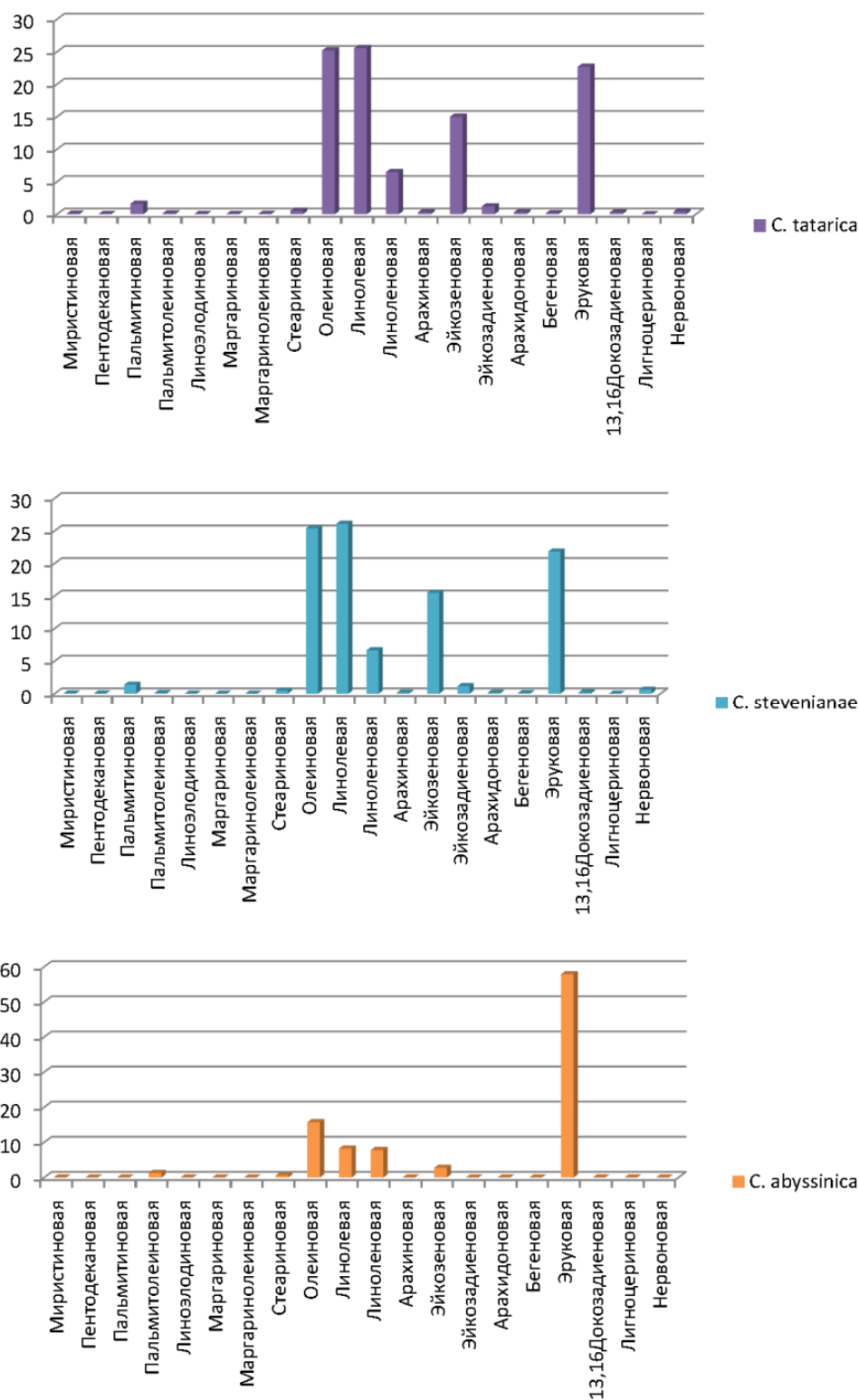


Рис. 3. Жирнокислотный состав (%), средние значения) семян видов катрана *Crambe* L. (окончание)

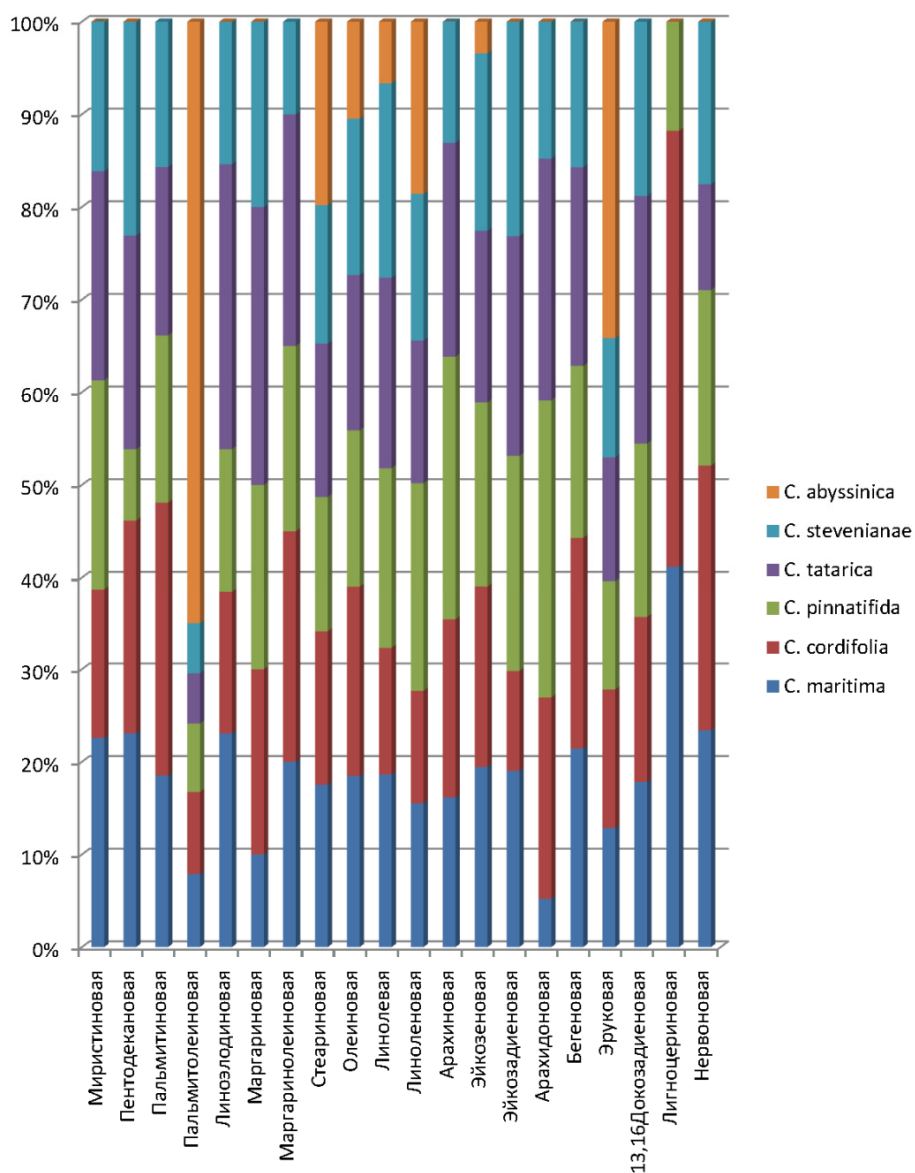


Рис. 4. Соотношение содержания жирных кислот в семенах видов катрана *Crambe* L.

Таблица 1

Погодно-климатическая характеристика вегетационных периодов 2014–2017 гг. в Ростове-на-Дону

Средние значения температур, $t^{\circ}\text{C}$	Средне-много-летняя $t^{\circ}\text{C}$	2013–2014 гг. (урожай 2014 г.)	2014–2015 гг. (урожай 2015 г.)	2015–2016 гг. (урожай 2016 г.)	2016–2017 гг. (урожай 2017 г.)
1	2	3	4	5	6
Сентябрь	16,7	+14,6	+17,3	+21,6	+16,2
Октябрь	10,0	+8,7	+8,0	+7,8	+7,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Ноябрь	2,9	+5,8	+1,6	+6,0	+3,0
Декабрь	-1,6	-1,0	-0,7	+1,7	-4,1
Январь	-3,0	-4,0	-2,5	-4,2	-2,7
Февраль	-2,8	-2,5	-0,4	+3,2	-2,6
Март	2,4	+4,7	+4,5	+5,5	+5,9
Апрель	10,6	+10,4	+10,0	+13,0	+9,8
Май	16,6	+19,3	+16,5	+16,4	+16,1
Июнь	21,0	+21,0	+22,5	+22,5	+21,4
Июль	23,4	+24,6	+24,4	+24,6	+24,3
Август	22,6	+25,6	+24,5	+25,9	+26,2
Сумма осадков за год, мм	618	637	508	709	500
Краткая характеристика года		типичный по $t^{\circ}\text{C}$ , влажный	ниже нормы по $t^{\circ}\text{C}$ , засушливый	жаркий, очень влажный	типичный по $t^{\circ}\text{C}$ , засушливый

Таблица 2

Жирнокислотный состав (%) семян катрана морского *S. maritima* за 4 года исследования

Название ЖК	Среднее значение ( $X$ )	Пределы варьирования (Lim)	Коэффициент вариации ( $CV$ )
Миристиновая	0,07	0,06–0,08	15,7
Пентодекановая	0,03	0,02–0,03	18,2
Пальмитиновая	1,64	1,34–1,84	13,4
Пальмитолеиновая	0,16	0,12–0,18	16,3
Линоэлодиновая	0,03	0,03–0,04	33,3
Маргариновая	0,01	0,01–0,02	40,0
Маргаринолеиновая	0,04	0,02–0,07	50,0
Стеариновая	0,54	0,50–0,54	4,4
Олеиновая	27,78	25,95–29,64	5,4
Линолевая	23,18	21,74–25,44	6,8
Линоленовая	6,54	5,82–7,90	14,4
Арахидиновая	0,21	0,20–0,24	9,0
Эйкозеновая	15,74	14,97–17,04	5,7
Эйкозодиеновая	0,97	0,87–1,20	15,5
Арахидоновая	0,06	0,00–0,08	66,7
Бегеновая	0,15	0,13–0,18	13,3
Эруковая	21,78	20,60–22,96	5,4
13,16Докозодиеновая	0,18	0,16–0,21	22,2
Лигноцериновая	0,07	0,00–0,11	71,4
Нервоновая	0,84	0,63–1,07	26,2

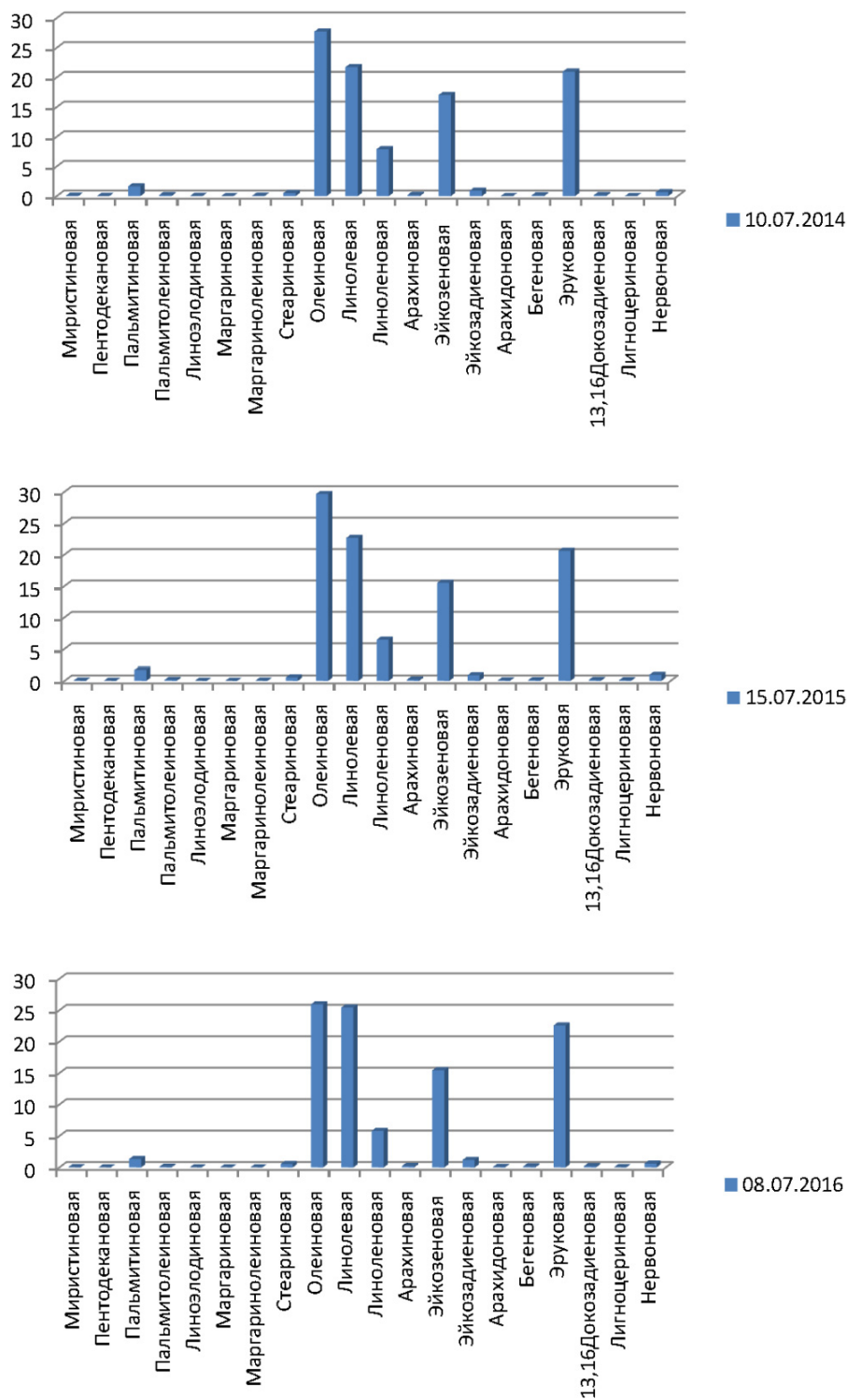


Рис. 5. Жирнокислотный состав (%) семян катрана морского *C. maritima* в разные сроки сбора урожая (начало)

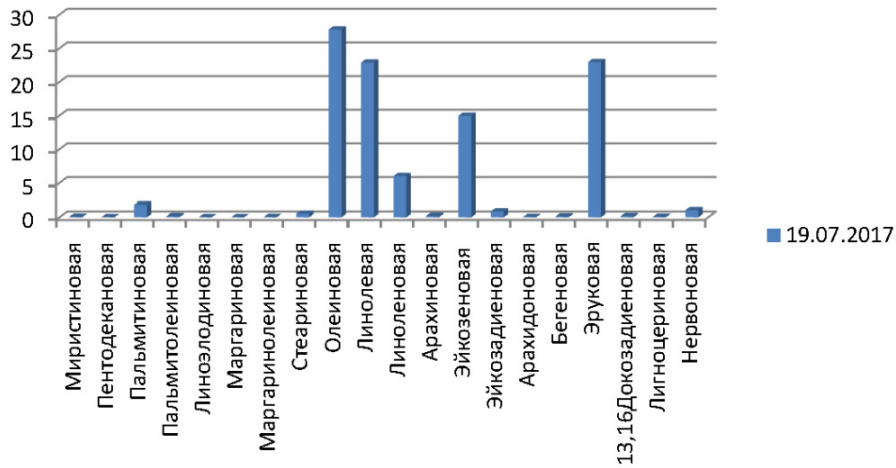


Рис. 5. Жирнокислотный состав (%) семян катрана морского *C. maritima* в разные сроки сбора урожая (окончание)

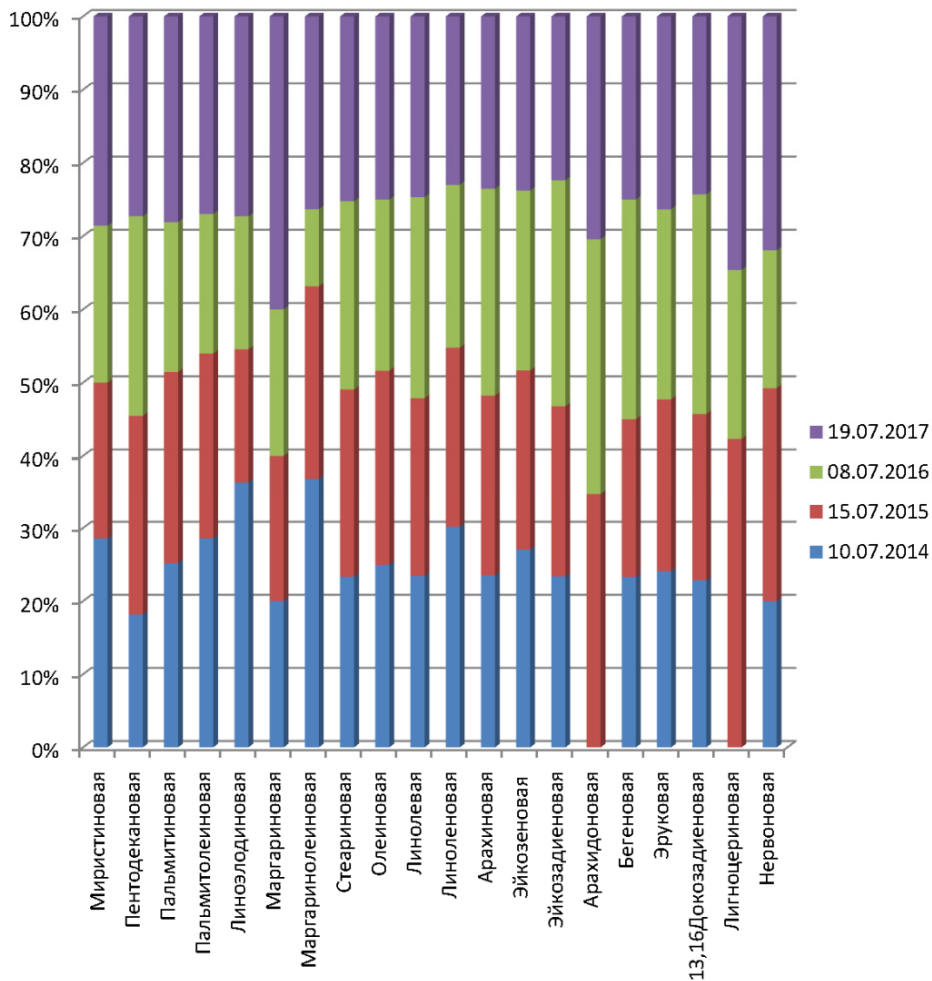


Рис. 6. Соотношение содержания жирных кислот в семенах катрана морского *C. maritima* в различные годы сбора урожая

### Заключение

Сравнительная характеристика жирнокислотного состава различных видов катрана дает возможность оценить перспективы возделывания культуры. Высокое содержание масла и сравнительно короткий вегетационный период позволяют выращивать это масличное растение почти повсеместно. Наличие большой доли олеиновой, линолевой и эйкозеновой кислот в масле многолетних видов катрана представляет несомненный интерес для лекарственного растениеводства, а максимального количества эруковой кислоты в масле однолетника катрана абиссинского – для производства дизельного топлива. Использование катрана в качестве современного возобновляемого источника масличного сырья будет способствовать большей стабильности производства и качественному разнообразию растительных масел для пищевой, фармацевтической, парфюмерной, топливной и других отраслей промышленности.

### Библиографический список

1. **Смирнов, А. Д.** Крамбе абиссинская – новая масличная культура в лесостепи Среднего Поволжья / А. Д. Смирнов // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2013. – С. 144, 145.
2. **Лобанов, В. Г.** Масличные растения семейства капустных – перспективное сырье для России / В. Г. Лобанов, А. Д. Минаков, И. В. Шульвинская, В. Г. Щербаков // Пищевая технология. – 2003. – № 2–3. – С. 24–26.
3. **Низова, Г. К.** Эколого-географическая изменчивость содержания масла и жирных кислот крамбе / Г. К. Низова, Н. Г. Конькова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы VI Междунар. симп. – М. : РУДН, 2005. – Т. 2. – С. 348–350.
4. **Прахова, Т. Я.** Крамбе абиссинская (*Crambe abyssinica* Hochst.) : монография / Т. Я. Прахова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2017. – 132 с.
5. **Романцова, С. В.** Состав и спектральные характеристики компонентов биотоплива, синтезированных из масел рапса, рыжика и крамбе / С. В. Романцова, В. А. Гаврилова, Н. Г. Конькова, В. А. Пашинин // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – Т. 17, вып. 1. – С. 339–341.
6. **Турина, Е. Л.** Опыт выращивания *Camelina sativa* и *Crambe abyssinica* в 2014–2015 гг. в Крыму / Е. Л. Турина, Р. А. Кулинич // Современные тенденции развития аграрного комплекса : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Соленое Займище, 2016. – С. 490–494.
7. **Турина, Е. Л.** Продуктивность и жирнокислотный состав маслосемян крамбе абиссинской в Крыму / Е. Л. Турина, Р. А. Кулинич // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2016. – С. 50–53.
8. **Платонов, А. Е.** Статистический анализ в медицине и биологии: задачи, терминология, логика, компьютерные методы / А. Е. Платонов. – М. : Изд-во РАМН, 2000. – С. 7–42.

### References

1. Smirnov A. D. *Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf.* [The contribution of young scientists to the innovative development of the agricultural sector of Russia: proceedings of All-Russian scientific and practical conference]. Penza, 2013, pp. 144, 145.

2. Lobanov V. G., Minakov A. D., Shul'vinskaya I. V., Shcherbakov V. G. *Pishchevaya tekhnologiya* [Food technology]. 2003, no. 2–3, pp. 24–26.
3. Nizova G. K., Kon'kova N. G. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya: materialy VI Mezhdunar. simp.* [New and unconventional plants and prospects for their use: proceedings of VI International symposium]. Moscow: RUDN, 2005, vol. 2, pp. 348–350.
4. Prakhova T. Ya. *Krambe abissinskaya (Crambe abyssinica Hochst.): monografiya* [Crambe Abyssinian (Crambe abyssinica Hochst.): monograph]. Penza: RIO PGSKhA, 2017, 132 p.
5. Romantsova S. V., Gavrilova V. A., Kon'kova N. G., Pashinin V. A. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University]. 2012, vol. 17, iss. 1, pp. 339–341.
6. Turina E. L., Kulinich R. A. *Sovremennye tendentsii razvitiya agrarnogo kompleksa: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern trends in the development of the agricultural complex: proceedings of International scientific and practical conference]. Solenoe Zaymishche, 2016, pp. 490–494.
7. Turina E. L., Kulinich R. A. *Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf.* [The contribution of young scientists to the innovative development of the agricultural sector of Russia: proceedings of All-Russian scientific and practical conference]. Penza, 2016, pp. 50–53.
8. Platonov A. E. *Statisticheskiy analiz v meditsine i biologii: zadachi, terminologiya, logika, komp'yuternye metody* [Statistical analysis in medicine and biology: tasks, terminology, logic, computer methods]. Moscow: Izd-vo RAMN, 2000, pp. 7–42.

---

**Преснякова Елена Викторовна**

кандидат биологических наук, главный специалист, отдел зерновых культур, Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») (Россия, г. Москва, Орликов переулок, 1/11)

E-mail: sp17@mail.ru

**Presnyakova Elena Viktorovna**

Candidate of biological sciences, chief specialist, department of grain crops, State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection (1/11 Orlikov lane, Moscow, Russia)

**Аль-Рабади Елена Евгеньевна**

магистрант, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: lenaalrabadi70@gmail.com

**Al'-Rabadi Elena Evgen'evna**

Master's degree student, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Семёнова Елена Федоровна**

кандидат биологических наук, профессор, кафедра общей и клинической фармакологии, старший научный сотрудник, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: sef1957@mail.ru

**Semenova Elena Fedorovna**

Candidate of biological sciences, professor, sub-department of general and clinical pharmacology, senior staff scientist, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Шмараева Антонина Николаевна**  
старший научный сотрудник, сектор  
природной флоры, Ботанический сад  
Южного федерального университета  
(Россия, г. Ростов-на-Дону,  
пер. Ботанический спуск, 7)

E-mail: anshmaraeva@sfnedu.ru

**Shmaraeva Antonina Nikolaevna**  
Senior staff scientist, sector of natural flora,  
Botanical garden of the Southern Federal  
University (7 Botanical spusk lane,  
Rostov-on-Don, Russia)

---

УДК 615.1:665.12:665.334.82

**Преснякова, Е. В.**

**Жирнокислотный состав видов катрана** / Е. В. Преснякова, Е. Е. Аль-Рабади, Е. Ф. Семёнова, А. Н. Шмараева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 3–16. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-1.



УДК 582.57:581.331:502.75

DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-2

*В. Н. Годин, С. В. Дозорова, Т. В. Архипова*

## ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТЕНИЯ *AEGOPODIUM PODAGRARIA* (APIACEAE) В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* В настоящее время стало уделяться внимание адаптивному значению архитектуры соцветий, определяющих время и пространственное расположение экспозиции цветков, влияющее на систему скрещивания. Цель нашего исследования – изучение антропоэкологических особенностей *Aegopodium podagraria*, включающих выявление закономерностей цветения цветков, зонтиков и синфлоресценции в целом.

*Материалы и методы.* Наблюдения проводили в естественных условиях Московской области. Изучение антропоэкологических особенностей *A. podagraria* проводили с 2014 по 2018 г. в течение периода цветения вида. Этапы развития регистрировали не реже двух раз в неделю.

*Результаты.* *A. podagraria* характеризуется дневным ритмом раскрытия цветков, которые цветут от 2 до 6 дней, что зависит от положения цветка в зонтике и синфлоресценции. Протандричные цветки имеют центростремительный характер цветения в зонтичках и зонтиках. Наблюдается строгая синхронность цветения зонтиков на побегах одного порядка ветвления. Однако у *A. podagraria* выявлено совмещение окончания пестичной фазы цветения цветков в зонтиках на побегах одного порядка по времени с началом тычиночной фазы цветения цветков в зонтиках на побегах следующего порядка ветвления (модели цветения “*Chaerophyllum prescottii*”).

*Выводы.* Строго выраженная внутрицветковая протандрия у *A. podagraria* значительно снижает вероятность автогамии, однако наличие межцветковой гомогамии (одновременное функционирование цветков в мужской и женской фазах на побегах разного порядка ветвления) не исключает возможности гейтоногамии в пределах синфлоресценции между разными зонтиками.

**Ключевые слова:** *Aegopodium podagraria*, цветение, зонтик, синфлоресценция.

*V. N. Godin, S. V. Dozorova, T. V. Arkhipova*

## FEATURES OF FLOWER *AEGOPODIUM PODAGRARIA* (APIACEAE) IN THE MOSCOW REGION

### Abstract.

*Background.* Nowadays many researchers pay attention to the adaptive significance of inflorescence architecture in presenting flowers in space and time and their

---

© 2018 Годин В. Н., Дозорова С. В., Архипова Т. В. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

impact on mating systems. Our aim is to identify consistent pattern of flowering sequences in *Aegopodium podagraria* L. regulating the degree of sexual phase overlaps within and between the different flowers and umbels in the synflorescence.

*Materials and methods.* Observations were made in natural populations in Moscow region. Individuals of *A. podagraria* were monitored between 2014 and 2018 throughout the flowering period. Developmental stages were recorded at least two times a week.

*Results.* *A. podagraria* is plant with diurnal rhythm blooming flowers which are blooming 2–6 days that depends on flowers position in umbels and synflorescence. Flowers are protandrous with a centripetal flowering sequence in the umbels and umbellets. Due to a variable sterile phase in each flower, male and female phases remain separated in the umbels. Due to successive flowering the lateral branches are multicycle protandrous. First-order umbels open divergently, as proximal shoots often flower delayed. These retarded flowering umbels interfere with the general sex separation and cause phase overlaps. Therefore, on the plant level, flowering is not strictly multicycle protandrous (models of flowering is “Chaerophyllum prescottii”).

*Conclusions.* Strongly expressed intra-flowering protandry in *A. podagraria* significantly reduces the risk of autogamy. Nevertheless, the presence of inter-flowering homogamy (simultaneous functioning of flowers in the male and female phases on branches of different branching order) does not exclude the possibility of geitonogamy within synflorescence between different umbels.

**Key words:** *Aegopodium podagraria*, flowering, umbel, synflorescence.

### Введение

Познание процессов цветения и опыления, включающих изучение биологии цветения растений, выяснение типов цветения, амплитуды изменчивости морфологического строения цветка, механизма цветения, способов и характера опыления, а также влияния географических факторов на биологию цветения, является необходимым условием для всестороннего исследования биологии и экологии любого вида растений [1].

Представители семейства *Ariaceae* обладают целым рядом структурных и антропоэкологических особенностей, которые обеспечивают наиболее эффективное опыление и осуществление определенной системы скрещивания. Отличительными особенностями подавляющего большинства видов данного семейства северного полушария можно считать способность к формированию псевданциев, существование внутри- и межцветковой дихогамии, наличие полового ди- и полиморфизма, а также определенного порядка раскрытия цветков и ритма прохождения ими фаз цветения [2–9].

В качестве объекта наших исследований выбрана *Aegopodium podagraria* L. (снеть обыкновенная) – многолетнее травянистое длиннокорневищное поликарпическое растение [10]. *A. podagraria* – европейско-сибирско-восточноазиатский бореальный вид. Ареал вида охватывает всю Европу, за исключением Крайнего Севера и южной части, Кавказ, Малую Азию, некоторые районы Средней Азии и Сибири. В Европе *A. podagraria* тяготеет главным образом к широколиственным лесам, однако довольно часто входит под полог смешанных, хвойно-широколиственных и хвойных лесов, доходя до северной окраины материка.

Выбор *A. podagraria* в качестве объекта исследования обусловлен рядом причин. Во-первых, данные по экологии цветения *A. podagraria* крайне немногочисленны. По данным Л. А. Антоновой [11], по особенностям цвете-

ния цветков в пределах сложного зонтика и синфлоресценции в целом *A. podagraria* относится к модели цветения “*Libanotis intermedia*”, впервые описанной А. Н. Пономаревым [2]. У зонтичных, цветущих данным образом (модель цветения “*Libanotis intermedia*”), вначале цветет главный зонтик, затем одновременно зацветают сразу все зонтики второго порядка, после этого наступает очередь зонтиков третьего порядка (последние у сныти обыкновенной редки). Благодаря этому каждая особь находится последовательно и многократно то в мужской, то в женской фазе. Эта смена фаз происходит 4–6 раз, причем совмещения или частичного налегания их никогда не бывает. Во-вторых, на примере *A. podagraria* можно продемонстрировать, изменяются ли процессы цветения и опыления растений в связи с наличием активного вегетативного размножения с помощью удлинённых корневищ. Поэтому целью нашей работы было изучение антропоэкологических особенностей *A. Podagraria*, включающих выявление закономерностей цветения цветков, зонтиков и синфлоресценции в целом.

### Материалы и методика

Антропоэкологические особенности *A. podagraria* изучали в течение пяти лет (2014–2018) в фазу цветения в окрестностях агробиостанции «Павловская Слобода» (Истринский район, Московская область).

Изучение особенностей цветения проводили по общепринятому плану антропоэкологических исследований [1]. Анализ биологии цветения проводили с учетом следующих особенностей: форма и окраска околоцветника и изменение их в течение жизни цветка, особенности строения андрогцея и гинецея и их взаимное расположение относительно друг друга, движение тычинок и рылец в процессе развития и функционирования цветка, время созревания рылец и пыльников. Для выявления морфологических адаптаций цветка к способу опыления подробно изучили морфогенез цветка, начиная от плотного бутона до увядания околоцветника и генеративных структур. В этом отрезке функционирования цветка выделены определенные стадии. Продолжительность тычиночной фазы определяли визуально на 20 этикетированных цветках, ежегодно, в течение пяти лет, на разных растениях. Началом тычиночной фазы считали момент вскрывания пыльников у 1–2 самых первых тычинок. Окончание фиксировали по времени раскрывания пыльников последней тычинки и высеивания из пыльников пыльцы.

Степень зрелости рыльцевой поверхности определяли как визуально по морфологическим признакам, так и с помощью химических методов. Окрасивание рыльца проводили по методу I. Robinsohn [12]: воспринимающая поверхность зрелых рылец при нанесении на нее слабого раствора перманганата калия окрашивается в коричневый или бурый цвет. Незрелые рыльца не окрашиваются перманганатом калия.

Для изучения суточной ритмики цветения были выделены площадки с изучаемым видом, на которых в течение 20 дней проводили наблюдения. На растениях перед изучением суточного хода цветения удаляли все раскрывшиеся цветки. Через определенные промежутки времени (1 час) подсчитывали число вновь раскрывшихся цветков. Во избежание ошибки при подсчете вновь раскрывшихся цветков удаляли. Число раскрывшихся цветков по часам выражали в процентах от общего числа цветков, раскрывшихся за сутки.

Одновременно с регистрацией числа раскрывшихся цветков проводили измерение температуры и относительной влажности воздуха на уровне соцветий с помощью аспирационного психрометра. Результаты наблюдений представлены в виде графиков суточного хода цветения.

Для отдельного цветка отмечали кратность его раскрытия и продолжительность жизни раскрывшегося цветка при различных погодных условиях. Для изучения продолжительности жизни раскрывшегося цветка на маркированных растениях было взято не менее 50 цветков ежегодно, в течение пяти лет наблюдений.

Т. В. Кузнецова [13] вслед за французскими исследователями J. Augier, M.-L. Rubat du Merac [14] рекомендует использовать единую терминологию и систему обозначения для всех зонтиков в пределах синфлоресценции: простой зонтик – зонтик 1-й степени, сложный зонтик – зонтик 2-й степени, сложный зонтик из сложных зонтиков – зонтик 3-й степени.

### Результаты и обсуждение

Синфлоресценция у *A. podagraria* представляет собой кисть из зонтиков 2-й степени (наиболее распространенный вариант) или метелку из зонтиков 2-й степени. У *A. podagraria* образуются обоеполые и тычиночные цветки в пределах одной особи, следовательно, как и многие представители сем. *Ariaseae*, данный вид характеризуется андромоноэцией [15]. Тычиночные цветки наиболее часто встречаются в зонтиках 1-й и 2-й степени на побегах второго и третьего порядков ветвления.

**Стадии развития цветка.** Используя подходы А. Н. Пономарева [1], мы при изучении хода раскрытия цветков *A. podagraria* выделили четыре фазы: плотного бутона (генеративная нераскрывшаяся почка), рыхлого бутона, тычиночную и рыльцевую стадии раскрывшегося цветка и усыхание цветка.

Бутон перед раскрытием беловато-зеленый, хорошо заметны плотно завернутые внутрь цветка лепестки, которые прикрывают все остальные части цветка. Тычиночные нити длинные, петлеобразно согнуты, пыльники лежат на нектароносном диске (стилоподии). У обоеполых цветков в середине диска имеются два небольших столбика без развитых рылец.

В стадии рыхлого бутона наиболее интенсивно начинают расти лепестки. Они заметно опережают в росте чашечку, которая остается довольно незаметной. Увеличивающиеся в размерах лепестки постепенно раздвигаются, сомкнутость бутона меняется, и он становится рыхлым. Цвет лепестков меняется с беловато-зеленого на белый. У основания или на верхушке венчика появляются светлые полосы, показывающие расхождение лепестков. На светлых полосках образуются трещины, которые, увеличиваясь, образуют щели в виде пятилучевой звезды. Тычиночные нити по-прежнему петлеобразно согнуты, пыльники еще не растрескиваются. Окрашивание раствором перманганата калия поверхности рылец имеет отрицательную реакцию – рыльца еще не готовы к восприятию пыльцы.

В полураскрывшемся цветке лепестки раздвигаются, между ними выходят одна или две тычинки. Сами лепестки еще загнуты внутрь цветка. Стилоподии еще не выделяют нектара. Рыльца по-прежнему не окрашиваются раствором перманганата калия и не готовы к восприятию пыльцы. В полностью

раскрывшемся цветке распрямляются остальные тычинки. Лепестки расходятся в стороны и принимают горизонтальное положение. Тычиночные нити выпрямляются и отклоняются к лепесткам. Когда тычиночные нити выпрямляются, происходит вскрывание пыльников, которые растрескиваются по двум продольным щелям. Растрескивание пыльников происходит поочередно, в порядке выпрямления тычиночных нитей. Начало выпрямления тычинок совпадает с началом выделения нектара, которым обильно покрывается вся поверхность нектароносного диска. Тычиночная фаза цветка начинается с момента вскрывания пыльников, заканчивается при их опадении, длится от одного до трех дней и зависит от положения цветка в зонтике 2-й степени: у краевых цветков наружных зонтиков 1-й степени она максимальна (3 дня), у центральных цветков внутренних зонтиков 1-й степени – она минимальна (1 день).

Цветение одного цветка *A. podagraria* продолжается от двух до шести дней. Длительность цветения цветка зависит от его положения в зонтике 2-й степени. Продолжительность цветения цветков краевых зонтиков 1-й степени равна продолжительности цветения всего зонтика 2-й степени и составляет шесть дней, а продолжительность цветения центральных цветков внутренних зонтиков 1-й степени – четыре дня.

После окончания тычиночной фазы через некоторое время наступает пестичная, которая характеризуется быстрым удлинением столбиков пестика, постепенным расхождением их в стороны. В конце концов столбики загибаются к стилоподиям и завязи цветка. Нам было интересно установить, способны ли рыльца до и во время вильчатого расхождения столбиков воспринимать пыльцу. Изучая характер окрашивания раствором перманганата калия рылец через каждый час, мы отметили, что рыльца созревают, когда столбики начинают интенсивно вильчато расходиться к стилоподиям и завязи цветка. С этого времени на стилоподии вновь выделяется блестящий нектар, привлекающий насекомых. До этого времени рыльца физиологически не подготовлены к восприятию пыльцы. Иными словами, пестичная фаза наступает только тогда, когда рыльца физиологически созревают для восприятия пыльцы. Следовательно, между окончанием тычиночной и началом пестичной фазы цветка как бы прекращают рост и развитие и только немного вытягиваются и вильчато раздвигаются столбики. Выделение нектара прекращается, о чем можно судить по тому, что поверхность диска подсыхает. Некоторые исследователи такой период времени в развитии цветка называют «стерильной фазой» [8], поскольку тычинки уже не функционируют, а рыльца пестиков еще не способны воспринимать пыльцу.

Через трое суток после начала пестичной фазы происходит потемнение и затем усыхание столбиков, стилоподий утрачивает блеск вследствие прекращения выделения нектара, одновременно наблюдается разрастание завязи, что свидетельствует о завершении женской фазы и начале формирования плода. В это время лепестки теряют тургор и опадают. Нами отмечено, что облетание лепестков происходит после окончания рыльцевой фазы. Иногда в цветке после опадения лепестков сохраняются подсыхшими несколько тычинок, в то время как стилодии всегда присутствуют в отцветшем цветке. Следовательно, пестичная фаза на 10–30 ч более продолжительна, чем тычиночная. Из приведенных данных видно, что для цветков *A. podagraria* так же,

как и для многих видов семейства *Ariaceae*, характерна четко выраженная внутрицветковая протандрия, т.е. пестичная фаза наступает только после тычиночной фазы, когда все тычинки в цветке опадут.

Авторами установлена однократность раскрытия цветков *A. podagraria*. Они раскрываются один раз, не закрываются на ночь или при неблагоприятных условиях на протяжении всей своей жизни.

**Цветение зонтиков 1-й и 2-й степени.** Цветение начинается с цветков зонтика 2-й степени, расположенного на главном побеге, и в базипетальной последовательности распространяется на цветки зонтиков 2-й степени, формирующихся первоначально на побегах II порядка ветвления, а затем и III порядка. Первыми зацветают цветки в периферических (краевых) зонтиках 1-й степени в пределах зонтика 2-й степени на главном побеге. Затем раскрытие цветков в зонтиках 1-й и 2-й степени происходит центростремительно. Самыми последними раскрываются центральные цветки, находящиеся в зонтиках 1-й степени в центре зонтика 2-й степени на главном побеге (рис. 1).

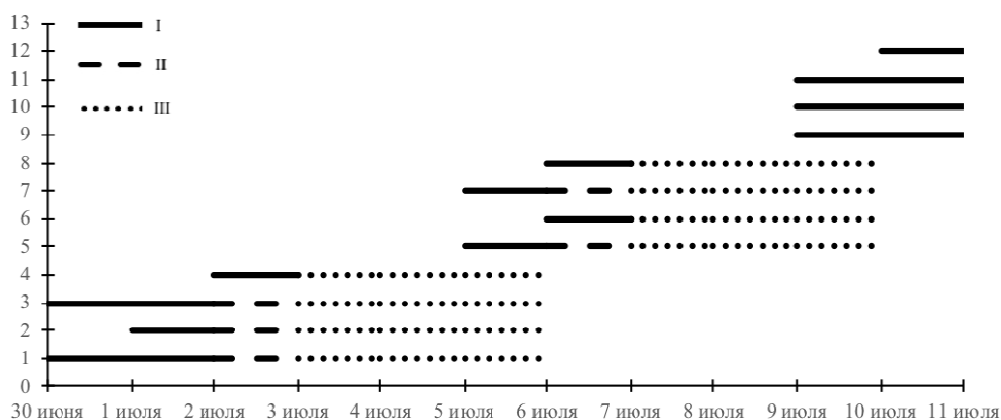


Рис. 1. Последовательность и продолжительность цветения зонтиков 2-й степени на побегах разного порядка ветвления у *Aegopodium podagraria*.

Условные обозначения: по оси X – даты наблюдений, по оси Y – цветение цветков в зонтиках 1-й и 2-й степени на побегах разного порядка ветвления. 1, 2 – наружные и внутренние цветки краевых зонтиков 1-й степени на главном побеге, 3, 4 – наружные и внутренние цветки внутренних зонтиков 1-й степени на главном побеге. 5–8 – аналогичные данные для цветков на побегах II порядка ветвления, 9–12 – аналогичные данные для цветков на побегах III порядка ветвления.

I – тычиночная фаза, II – стерильная фаза, III – рыльцевая фаза

Продолжительность цветения главного зонтика в зависимости от числа цветков и погодных условий – 6–7 дней. В течение этого срока, пока идет ежедневное раскрытие цветков, продолжается пыление зонтика. Созревание рылец пестиков наступает у всех цветков одновременно спустя сутки после раскрытия последних цветков зонтика или же через четыре дня от начала цветения. Наступление этой фазы характеризуется тем, что все цветки повторно выделяют нектар и рыльца слегка разрастаются. Авторами отмечено, что в тычиночных цветках нектар повторно не выделяется после окончания пыления тычинок. Однако если в цветке имелись пестики хотя бы в зача-

точном состоянии, то в цветке выделялось немного нектара и нектароносный диск был слегка влажным.

Окончание функционирования рылец пестиков в цветках зонтиков 2-й степени на главном побеге совпадает с началом пыления тычинок в зонтиках 2-й степени, развивающихся на побегах II порядка ветвления. Диск в цветках зонтиков 2-й степени на побегах II порядка ветвления в данный период покрыт нектаром, который начал выделяться в момент наступления тычиночной фазы; у цветков зонтиков 2-й степени на главном побеге диск также покрыт нектаром, выделяющимся в связи с продолжением пестичной фазы. Нектароносные диски тех и других цветков влажные и имеют блестящую поверхность. В это время и появляется огромное количество насекомых, которые одинаково интенсивно посещают все зонтики, осуществляя перенос пыльцы между зонтиками одного растения и зонтиками различных особей в популяции.

Наблюдения показали, что зонтики одного порядка данного растения цветут строго синхронно, а у разных растений они могут цвести с разницей в 1–2 дня. Опыление зонтика длится три дня, на 4-й день нектар перестает выделяться и пчелы больше не посещают его.

Пыление цветков в зонтиках 2-й степени на побегах II порядка ветвления длится не более одних суток, а на следующий день после этого обычно начинается опыление обоеполых цветков. Как и в предыдущем случае, окончание функционирования рылец пестиков цветков в зонтиках 2-й степени на побегах II порядка ветвления совпадает с наступлением тычиночной фазы цветков в зонтиках 2-й степени, развивающихся на побегах III порядка ветвления, благодаря чему и имеется возможность гейтоногамного опыления между ними.

Анализируя результаты наших исследований, можно отметить, что для *A. podagraria* характерны приспособления, которые в некоторых случаях не исключают гейтоногамное опыление хотя бы между зонтиками одного растения на побегах разного порядка ветвления. Такими приспособлениями являются:

- 1) строгая очередность цветения цветков в зонтиках 2-й степени на побегах разного порядка ветвления, когда окончание функционирования рылец пестиков цветков на побегах более низких порядков совпадает с пылением тычинок у цветков в зонтиках на побегах более высоких порядков;
- 2) строгая синхронность цветения зонтиков на побегах одного порядка ветвления.

Отцветание цветков в зонтиках 2-й степени и зонтиков 1-й степени внутри зонтиков 2-й степени происходит центробежно, т.е. в обратной последовательности раскрытию цветков. Первыми всегда засыхают и опадают лепестки у цветков, расположенных во внутренних зонтиках 1-й степени, последними – лепестки краевых цветков. Сохранение крупных краевых цветков на протяжении всего периода цветения зонтика 1-й и 2-й степени способствует посещению насекомых-опылителей и посетителей в течение длительного срока.

Как и у ряда других представителей семейства *Apiaceae* [2, 7, 9], у *A. podagraria* раскрытие цветков, созревание тычинок и рылец осуществляются во всех зонтиках данного порядка каждой особи согласованно и од-

новременно. Тем не менее окончание пестичной фазы цветков на побегах одного порядка ветвления совпадает с началом тычиночной фазы цветков на побегах следующего порядка ветвления, что соответствует описанной в литературе [6, 7] модели цветения “*Chaerophyllum prescottii*”. Иными словами, согласно нашим данным цветение *A. podagraria* не соответствует модели цветения “*Libanotis intermedia*”, описанному у данного вида в литературе [11].

**Суточная ритмика цветения.** Как показали наши исследования, *A. Podagraria* имеет дневной тип ритмики цветения, который графически представляет собой двухвершинную кривую с максимумом распускания около 11 и 16 часов. После полудня начинается постепенное снижение количества раскрытых цветков. В Московской области в третьей декаде июня наблюдения за ходом раскрытия цветков в зонтике 2-й степени на главном побеге показали, что наибольшее число цветков раскрывается в период с 10 до 12 часов. Днем при повышении температуры и уменьшении относительной влажности число раскрытых цветков резко уменьшается. В дневное время происходило лишь замедление этого процесса и с 14 до 16 часов наблюдался второй максимум распускания цветков (рис. 2). К 18 часам, при любых погодных условиях, распускание цветков практически прекращается.

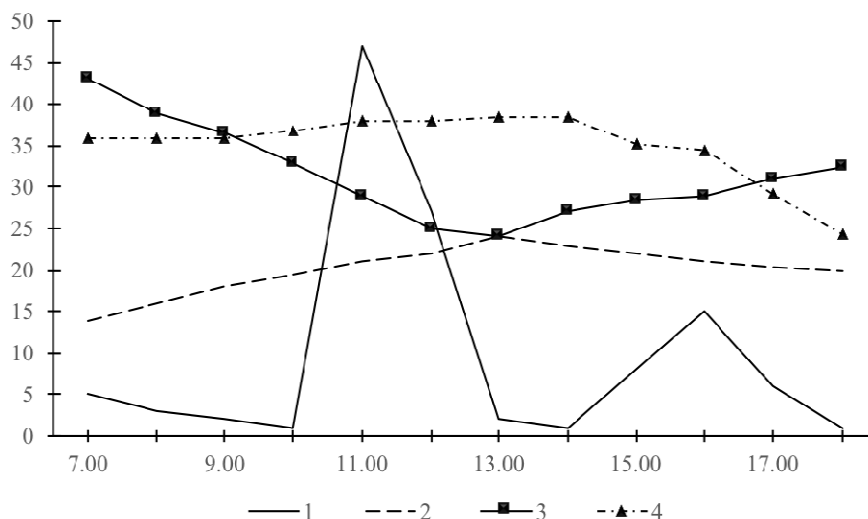


Рис. 2. Суточная ритмика цветения *Aegopodium podagraria* в Московской области.

Условные обозначения: 1 – число раскрытых цветков, 2 – температура воздуха, 3 – относительная влажность воздуха, 4 – освещенность.

По оси абсцисс – время наблюдений, ч; по оси ординат – число раскрытых цветков, шт., температура (°C) и относительная влажность воздуха (%), освещенность (люкс) (5 раскрытых цветков соответствует 5 °C, 10 % влажности и 2500 люкс освещенности)

Кривая цветения и суточный ход изменения температуры воздуха находятся в прямой зависимости. Однако в большинстве случаев их максимумы не совпадают. С кривой суточного изменения относительной влажности кривые цветения и суточного изменения температуры воздуха находятся в обратной зависимости, но так же, как и в первом случае, максимум цветения



часто не совпадает с минимумом относительной влажности. Можно предполагать, что температура, относительная влажность воздуха и интенсивность освещенности хотя и влияют на ход суточного раскрытия цветков, но максимум раскрывшихся цветков, очевидно, связан в большей степени с дневными изменениями оптического излучения, иными словами, со спектральным составом, а также с углом падения солнечных лучей. Таким образом, максимальное число раскрывшихся цветков у *A. podagraria* приурочено к дневным часам. Обильное цветение и выделение нектара способствуют привлечению многочисленных насекомых, которые, собирая нектар и пыльцу с цветков, тем самым осуществляют опыление цветков.

Целый ряд представителей сем. Ариáceае также характеризуются дневным ритмом раскрытия цветков, например, *Falcaria vulgaris* Bernh., *Peucedanum alsaticum* L. [16], *Libanotis buchtormensis* (Fisch.) DC., *Ferula tatarica* Fisch. ex Spreng. [17] и др. Несомненно, что каждый определенный тип раскрытия цветков стоит в тесной связи с их опылением [1, 16]. В самом деле, активность насекомых-опылителей связана с теми же внешними факторами (тепло, свет и др.), что и ритм цветения. Наиболее многочисленны растения с утренним и дневным типами распускания цветков и соцветий, и это связано с тем, что у большинства энтомофильных растений опыление происходит днем.

### Заключение

1. Несмотря на наличие активного вегетативного размножения, *A. podagraria* сохраняет все антропоэкологические особенности, присущие другим представителям сем. Ариáceае северного полушария, а именно: строгая последовательность цветения цветков как в пределах зонтиков 1-й и 2-й степени, так и в синфлоресценции в целом. Модель цветения *A. podagraria* относится к типу “*Chaerophyllum prescottii*”, при которой окончание пестичной фазы цветков на побегах одного порядка совпадает с началом тычиночной фазы цветков на побегах следующего порядка ветвления.

2. Для *A. podagraria* характерен дневной ритм цветения цветков с двумя максимумами в 11 и 16 часов. Цветки *A. podagraria* однократно открываются, продолжительность цветения цветка составляет от двух до шести дней и зависит от расположения цветка в зонтике 1-й и 2-й степени.

3. Наблюдается строгая синхронность цветения зонтиков 2-й степени на побегах одного порядка ветвления, однако совмещение пестичной фазы цветения цветков в зонтиках 2-й степени на побегах одного порядка по времени с тычиночной фазой цветения цветков в зонтиках 2-й степени на побегах следующего порядка ветвления способствует гейтоногамии.

### Библиографический список

1. Пономарев, А. Н. Изучение цветения и опыления растений / А. Н. Пономарев // Полевая геоботаника. – М. ; Л., 1960. – Т. 2. – С. 9–19.
2. Пономарев, А. Н. О протерандрии у зонтичных / А. Н. Пономарев // Доклады АН СССР. – 1960. – Т. 135. – С. 750–752.
3. Bell, C. R. Breeding systems and floral biology of the Umbelliferae or evidence for specialization in unspecialized flowers / C. R. Bell // The biology and chemistry of the Umbelliferae. – London : Academic Press, 1971. – P. 93–107.

4. **Тюрина, Е. В.** Биология цветения и формирования семян горчичника Морисона (*Peucedanum morissonii* Bess.) / Е. В. Тюрина // Перспективные полезные растения флоры Сибири. – Новосибирск : Наука, 1973. – С. 101–112.
5. **Эркенова, Е. М.** Протерандрия у *Ladyginia bucharica* Lipsky (Apiaceae) / Е. М. Эркенова // Ботанический журнал. – 1979. – Т. 64, № 3. – С. 441–443.
6. **Демьянова, Е. И.** К изучению анэкологии и полового полиморфизма *Seseli ledebourii* G. Don. fil. (Umbelliferae) / Е. И. Демьянова // Вестник Пермского университета. Биология. – 1995. – Вып. 1. – С. 45–53.
7. **Демьянова, Е. И.** К изучению анэкологии и полового полиморфизма зонтичных лесостепного Зауралья. I. О протерандрии у зонтичных / Е. И. Демьянова // Вестник Пермского университета. Биология. – 2000. – Вып. 2. – С. 45–54.
8. **Reuther, K.** Diversity behind uniformity – inflorescence architecture and flowering sequence in Apiaceae-Apioideae / K. Reuther, R. Claßen-Bockhoff // Plant Diversity and Evolution. – 2010. – Vol. 128. – P. 181–220.
9. **Годин, В. Н.** Биология цветения и полового полиморфизм у видов семейства Apiaceae (Московская область) / В. Н. Годин, Т. В. Перкова // Ботанический журнал. – 2017. – Т. 102, № 1. – С. 35–47.
10. **Смирнова, О. В.** *Aegopodium podagraria* L. / О. В. Смирнова // Биологическая флора Московской области. – М. : МГУ, 1974. – Вып. 1. – С. 131–141.
11. **Антонова, Л. А.** Анэкология растений широколиственного леса / Л. А. Антонова // Экология опыления. – Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 1976. – Вып. 2. – С. 30–63.
12. **Robinson, I.** Die Färbungsreaktion der Narbe, Stigmatochromie, als morphobiologische Blütenuntersuchungsmethode / I. Robinson // Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. – 1924. – Vol. 133. – P. 181–211.
13. **Кузнецова, Т. В.** Особенности строения соцветия у видов рода *Anthriscus* Pers. (Umbelliferae) / Т. В. Кузнецова // Биологические науки. – 1980. – № 6. – С. 62–67.
14. **Augier, J.** A propos de l'inflorescence de *Trinia glauca* (L.) Dumort / J. Augier, M.-L. Rubat du Merac // Bulletin de la Société Botanique de France. – 1957. – Vol. 104. – P. 125–131.
15. **Годин, В. Н.** Анализ полового полиморфизма растений подкласса Rosidae в Сибири / В. Н. Годин // Сибирский экологический журнал. – 2012. – Т. 19, № 3. – С. 453–460.
16. **Шамурин, В. Ф.** Суточная ритмика и экология цветения некоторых степных растений / В. Ф. Шамурин // Ботанический журнал. – 1958. – Т. 43, № 4. – С. 548–557.
17. **Демьянова, Е. И.** К анэкологии растений пустынных степей Центрального Казахстана / Е. И. Демьянова // Экология опыления. – Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 1976. – Вып. 2. – С. 63–78.

### References

1. Ponomarev A. N. *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Moscow; Leningrad, 1960, vol. 2, pp. 9–19.
2. Ponomarev A. N. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences]. 1960, vol. 135, pp. 750–752.
3. Bell C. R. *The biology and chemistry of the Umbelliferae*. London: Academic Press, 1971, pp. 93–107.
4. Tyurina E. V. *Perspektivnye poleznye rasteniya flory Sibiri* [Perspective useful plants of the Siberia flora]. Novosibirsk: Nauka, 1973, pp. 101–112.

5. Erkkenova E. M. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 1979, vol. 64, no. 3, pp. 441–443.
6. Dem'yanova E. I. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Perm State University. Biology]. 1995, iss. 1, pp. 45–53.
7. Dem'yanova E. I. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Perm State University. Biology]. 2000, iss. 2, pp. 45–54.
8. Reuther K., Claßen-Bockhoff R. *Plant Diversity and Evolution*. 2010, vol. 128, pp. 181–220.
9. Godin V. N., Perkova T. V. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 2017, vol. 102, no. 1, pp. 35–47.
10. Smirnova O. V. *Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti* [Biological flora of the Moscow region]. Moscow: MGU, 1974, iss. 1, pp. 131–141.
11. Antonova L. A. *Ekologiya opyleniya* [Ecology of pollination]. Perm: Izd-vo Permskogo un-ta, 1976, iss. 2, pp. 30–63.
12. Robinsohn I. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse* [Reports on meetings of the Academy of Sciences of the mathematical and scientific class]. 1924, vol. 133, pp. 181–211.
13. Kuznetsova T. V. *Biologicheskie nauki* [Biological sciences]. 1980, no. 6, pp. 62–67.
14. Augier J., M.-L. Rubat du Merac. *Bulletin de la Société Botanique de France* [Bulletin of the Botanical Society of France]. 1957, vol. 104, pp. 125–131.
15. Godin V. N. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian journal of ecology]. 2012, vol. 19, no. 3, pp. 453–460.
16. Shamurin V. F. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 1958, vol. 43, no. 4, pp. 548–557.
17. Dem'yanova E. I. *Ekologiya opyleniya* [Ecology of pollination]. Perm: Izd-vo Permskogo un-ta, 1976, iss. 2, pp. 63–78.

**Годин Владимир Николаевич**

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра ботаники, Московский  
педагогический государственный  
университет (Россия, г. Москва,  
ул. Малая Пироговская, 1, корп. 1)

E-mail: godinvn@yandex.ru

**Godin Vladimir Nikolaevich**

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of botany, Moscow  
Pedagogical State University (1 building,  
1 Malaya Pirogovskaya street, Moscow,  
Russia)

**Дозорова Светлана Владимировна**

магистрант, Московский педагогический  
государственный университет (Россия,  
г. Москва, ул. Малая Пироговская, 1,  
корп. 1)

E-mail: sveta\_73\_1993@mail.ru

**Dozorova Svetlana Vladimirovna**

Master's degree student, Moscow  
Pedagogical State University (1 building,  
1 Malaya Pirogovskaya street, Moscow,  
Russia)

**Архипова Татьяна Валентиновна**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, кафедра ботаники, Московский  
педагогический государственный  
университет (Россия, г. Москва,  
ул. Малая Пироговская, 1, корп. 1)

E-mail: tata50509@mail.ru

**Arkhipova Tat'yana Valentinovna**

Candidate of agricultural sciences,  
associate professor, sub-department  
of botany, Moscow Pedagogical State  
University (1 building, 1 Malaya  
Pirogovskaya street, Moscow, Russia)

УДК 582.57:581.331:502.75

**Годин, В. Н.**

**Особенности цветения *Aegopodium podagraria* (Ариáceae) в Московской области** / В. Н. Годин, С. В. Дозорова, Т. В. Архипова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 17–28. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-2.

УДК 577.11: 60

DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-3

*Л. С. Дышлюк, А. Ю. Просеков*

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ПОТЕНЦИАЛА ПРИРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ КАК ОСНОВЫ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОК

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Рост экологических проблем, связанных с утилизацией отходов, привел к необходимости применения биоразлагаемых полимеров. Разработка на основе доступных технологий и рецептур отечественных аналогов биоразлагаемых пленок для использования в упаковке пищевых и фармацевтических продуктов актуальна во всем мире. Цель данной работы – выбор наиболее оптимальных композиций природных полисахаридов как основы биоразлагаемых пленок.

*Материалы и методы.* Термодинамическими методами изучали полимеры, полученные на основе композиций природных полисахаридов – каррагинана, гидроксипропилметилцеллюлозы и агар-агара.

*Результаты.* Проведенные исследования показали, что все полученные растворы продемонстрировали термодинамическую устойчивость.

*Выводы.* Из природных полимеров составлены 33 композиции для получения биоразлагаемых пленок. По значениям термодинамических характеристик отобраны 13 для дальнейшей разработки технологии биоразлагаемых упаковочных материалов на их основе.

**Ключевые слова:** полимеры, биоразлагаемые пленки, каррагинан, агар-агар, гидроксипропилметилцеллюлоза, энергия Гиббса.

*L. S. Dyshlyuk, A. Yu. Prosekov*

## THERMODYNAMIC METHODS OF CAPACITY OF NATURAL COMPOSITES AS THE BASIS OF BIO-DEPENDABLE MEMBRANES

### **Abstract.**

*Background.* The growth of the ecological problems, connected to the waste utilization led to the necessity of applying biodegradable polymers. The development based on acceptable technologies and formulizations of domestic equivalents of biodegradable polymers for using them in packaging food and pharmaceutical products. This is nowadays relevant all over the world. The aim of the research is to choose the most optimal compositions of the natural saccharides as a basement of the biodegradable polymers.

---

© 2018 Дышлюк Л. С., Просеков А. Ю. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

*Materials and methods.* The polymers were studied by thermodynamic methods obtained on the basement of the composition of the natural saccharides which are carrageenan, hydroxypropylmethicellulose and gelose.

*Results.* The conducted research showed that all obtained solutions demonstrated thermodynamic resistance.

*Conclusions.* 33 compositions were obtained from the natural polymers. These compositions are for obtaining biodegradable membranes. By the values of thermodynamic characteristics, 13 were selected for further development of the technology of biodegradable packaging materials on their basis.

**Key words:** polymers, biodegradable membranes, carrageenan, gelose, hydroxypropylmethicellulose, energy of Gibbs.

### Введение

Применение в упаковке пластиков из углеводородного сырья приводит к значительному росту экологических проблем, что повышает интерес к биоразлагаемым полимерам (биополимерам) из возобновляемых источников, обладающих возможностью разложения микроорганизмами путем химического, физического или биологического воздействия. Для решения проблемы отходов необходимы не только безвредные для человека и окружающей среды материалы, но и более того, биоразлагаемые полимеры.

Биополимеры могут использоваться в тех областях, где биоразлагаемость и возможность получения их из природных источников дает дополнительные преимущества наряду с коротким временем биодegradации. В этой связи во всем мире разработка биоразлагаемых пластиков с контролируемыми свойствами является предметом научных исследований.

Целью работы является изучение термодинамическими методами потенциала природных композитов и выбор наиболее оптимальных композиций природных полисахаридов как основы биоразлагаемых пленок.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись агар-агар (Panreac, Германия); агар-агар (Helicon, США); каппа-каррагинан (Boc Sciences, США); йота-каррагинан (Newgreen Pharmchem Co., Китай); гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ) (Ashland Aqualon Functional Ingredients, США); гидроксипропилметилцеллюлоза (Acros, Бельгия) и составы исследуемых композиций (табл. 1).

Таблица 1

Состав исследуемых композиций

Номер раствора	Количество ингредиента, масс. %				
	Каррагинан	ГПМЦ	Агар-агар	Глицерин	Вода
1	2	3	4	5	6
1	5,0	2,5	–	10,0	82,5
2	10,0	2,5	–	10,0	77,5
3	20,0	2,5	–	10,0	67,5
4	5,0	5,0	–	10,0	80,0
5	10,0	5,0	–	10,0	75,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
6	20,0	5,0	–	10,0	65,0
7	5,0	10,0	–	10,0	75,0
8	10,0	10,0	–	10,0	70,0
9	20,0	10,0	–	10,0	60,0
10	5,0	–	2,5	10,0	82,5
11	10,0	–	2,5	10,0	77,5
12	20,0	–	2,5	10,0	67,5
13	5,0	–	5,0	10,0	80,0
14	10,0	–	5,0	10,0	75,0
15	20,0	–	5,0	10,0	65,0
16	5,0	–	10,0	10,0	75,0
17	10,0	–	10,0	10,0	70,0
18	20,0	–	10,0	10,0	60,0
19	–	2,5	2,5	10,0	85,0
20	–	5,0	2,5	10,0	82,5
21	–	10,0	2,5	10,0	77,5
22	–	2,5	5,0	10,0	82,5
23	–	5,0	5,0	10,0	80,0
24	–	10,0	5,0	10,0	75,0
25	–	2,5	10,0	10,0	77,5
26	–	5,0	10,0	10,0	75,0
27	–	10,0	10,0	10,0	70,0
28	5,0	2,5	2,5	10,0	80,0
29	10,0	2,5	2,5	10,0	75,0
30	20,0	2,5	2,5	10,0	65,0
31	5,0	5,0	5,0	10,0	75,0
32	10,0	5,0	5,0	10,0	70,0
33	20,0	5,0	5,0	10,0	60,0
34	5,0	10,0	10,0	10,0	65,0
35	10,0	10,0	10,0	10,0	60,0
36	20,0	10,0	10,0	10,0	50,0

Полученные композиции условно разделили на четыре серии:

- серия 1 – композиции на основе каррагинана и ГПМЦ (№ 1–9);
- серия 2 – композиции на основе каррагинана и агар-агара (№ 10–18);
- серия 3 – композиции на основе ГПМЦ и агар-агара (№ 19–27);
- серия 4 – композиции на основе каррагинана, ГПМЦ и агар-агара (№ 28–36).

Композиции серии 1 готовили при температуре 45 °С, композиции серий 2, 3 и 4 – при температуре 95 °С. Пленки всех составов, полученные наливным способом, высушивали при комнатной температуре.

Совместимость полимеров оценивали термодинамическими и нетермодинамическими методами. Термодинамическое сродство между полимерами количественно оценивали величинами изменения химического потенциала компонентов  $\Delta\mu_i$ , энергией Гиббса смешения  $\Delta G$ , параметром взаимодействия Флори – Хаггинса  $\chi$  и вторым вириальным коэффициентом. Термодинамические параметры смешения природных полисахаридов оценивали термодинамически методом сорбции паров растворителя на смесях полимеров.

Метод расчета энергии Гиббса смешения двух полимеров, основанный на законе Гесса, определяли разностью энергий конечного и начального состояний. Изотермы сорбции паров общего растворителя полимерами и их смесей получали с помощью метода статистической сорбции.

Для расчета изменения термодинамических функций использовали термическое уравнение сорбции паров набухающими полимерами

$$a = a_0^0 \exp \left[ - \left( \left( - \frac{\Delta\mu_1}{E} \right)^n - \alpha (T - T_0) \right) \right], \quad (1)$$

где  $a$  – величина сорбции при парциальном давлении пара  $P$  и температуре  $T$ ;  $a_0^0$  – предельная величина сорбции при давлении насыщенного пара  $P_0$  и температуре  $T_0$ ;  $\Delta\mu_1 = RT \ln \frac{P}{P_0}$  – изменение химического потенциала растворителя при сорбции;  $E$  – характеристическая энергия сорбции.

Полученные константы уравнения (1) позволили рассчитать разность химических потенциалов растворителя  $\Delta\mu_1$  и полимера  $\Delta\mu_2$ , энергии Гиббса смешения природных полисахаридов с растворителем  $\Delta g^m$  (Дж/г) при образовании растворов гидроксипропилметилцеллюлозы, агар-агара и каррагинана в общем растворителе (воде) по формулам:

$$\Delta\mu_1 = \frac{-E \left( \ln \frac{a_0}{a} \right)^{\frac{1}{n}}}{18}; \quad (2)$$

$$\Delta\mu_2 = \frac{\left[ -3a_0 E \theta \left( (\ln \theta)^2 - 2 \ln \theta + 2 \right) \right]}{18}; \quad (3)$$

$$\Delta g^m = \omega_1 \Delta\mu_1 + \omega_2 \Delta\mu_2. \quad (4)$$

Увеличение абсолютных величин  $\Delta g^m$  означает, что растворитель в термодинамическом смысле улучшается.

Для расчета термического коэффициента сорбции использовали уравнение

$$\alpha = 1,17 \cdot 10^{-3} - 1,12 \cdot 10^{-5} \Delta E^*, \quad (5)$$

где  $\Delta E^* = \frac{\sum \Delta E_i}{M_{зв}}$  – удельная энергия когезии полимера.



Из уравнения (1) получаем выражения для  $\Delta S_1$  и  $\Delta S_2$  при  $n = 0,33$ :

$$\Delta S_1 = \frac{\alpha E}{n} \left( \ln \frac{a_0}{a} \right)^{\frac{1}{n}-1}; \quad (6)$$

$$\Delta S_2 = \alpha a_0 E \cdot 6,152 \theta (1 - \ln \theta). \quad (7)$$

Зная  $\Delta S_1$  и  $\Delta S_2$ , рассчитываем среднюю энтропию смешения  $\Delta S^M$  для различных концентраций природных полисахаридов в смеси по формуле

$$T \Delta S^M = (\omega_1 \Delta S_1 + \omega_2 \Delta S_2) \cdot 298. \quad (8)$$

По полученным данным строим графические зависимости  $T \Delta S^M = f(\omega_2)$ , где из точки  $\omega_2 = 0$  проводим касательные к полученным кривым, а в точке пересечения их с осью  $y$  определяем энтропию смешения 1 г природного полисахарида или смеси полисахаридов с бесконечно большим количеством растворителя. Рассчитанные таким образом значения изменения энтропии  $\Delta S$  подставляем в уравнение (8) и рассчитываем значение  $T \Delta S_x$  для систем природный полисахарид – природный полисахарид.

Затем, зная  $\Delta g_x$ ,  $T \Delta S_x$ , рассчитываем значения энтальпии смешения полимеров  $\Delta h_x$  по уравнению Гиббса – Гельмгольца:

$$\Delta g_x = \Delta h_x - T \Delta S_x. \quad (9)$$

### Результаты и обсуждение

Результаты изучения сорбции паров воды на биополимеры на основе композиций природных полисахаридов (каррагинан, ГПМЦ и агар-агар) представлены на рис. 1–4.

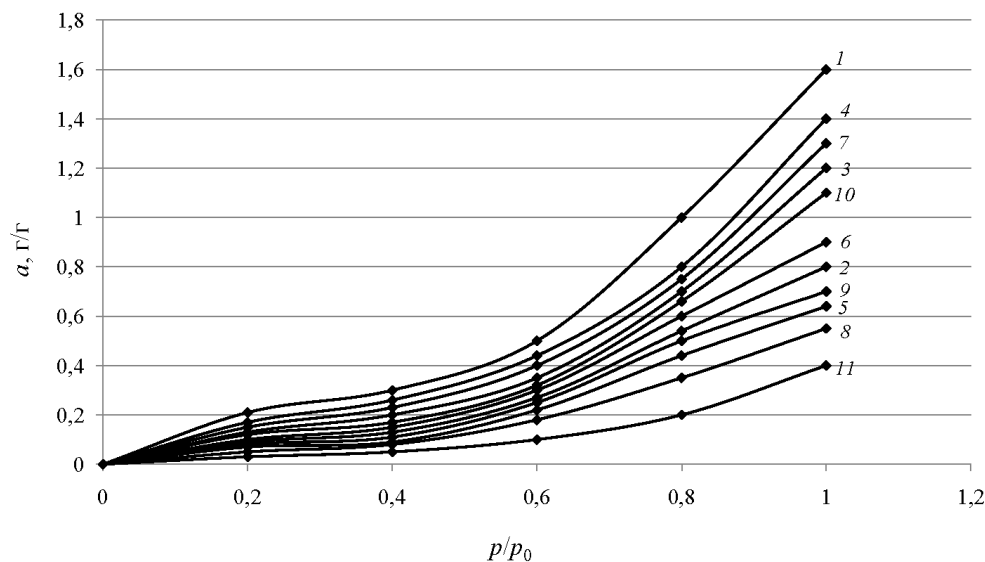


Рис. 1. Изотермы сорбции паров воды при температуре 25 °С пленками на основе природных полисахаридов первой серии: 1 – каррагинан; 2 – образец № 1; 3 – образец № 2; 4 – образец № 3; 5 – образец № 4; 6 – образец № 5; 7 – образец № 6; 8 – образец № 7; 9 – образец № 8; 10 – образец № 9; 11 – ГПМЦ

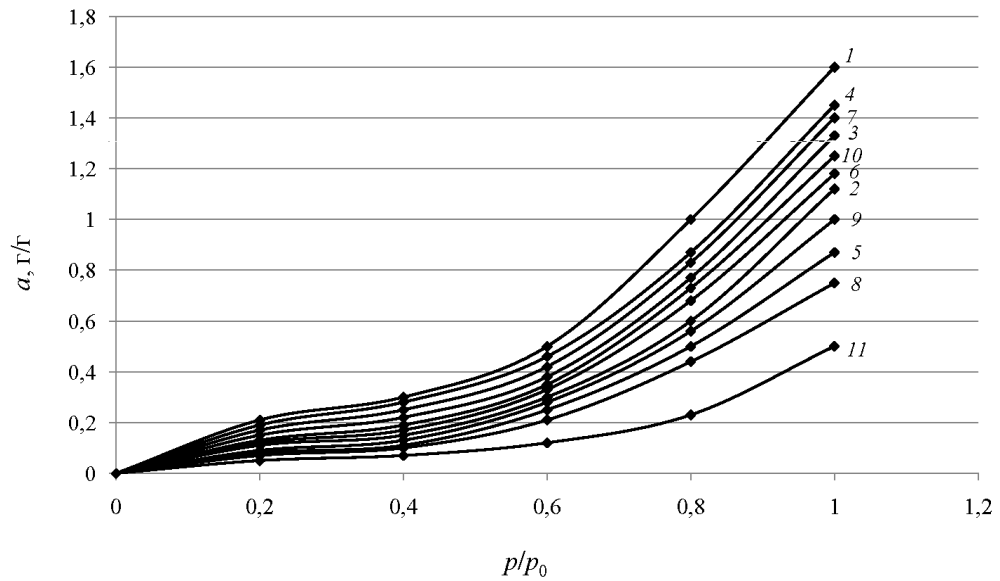


Рис. 2. Изотермы сорбции паров воды при температуре 25 °С пленками на основе природных полисахаридов второй серии: 1 – каррагинан; 2 – образец № 10; 3 – образец № 11; 4 – образец № 12; 5 – образец № 13; 6 – образец № 14; 7 – образец № 15; 8 – образец № 16; 9 – образец № 17; 10 – образец № 18; 11 – агар-агар

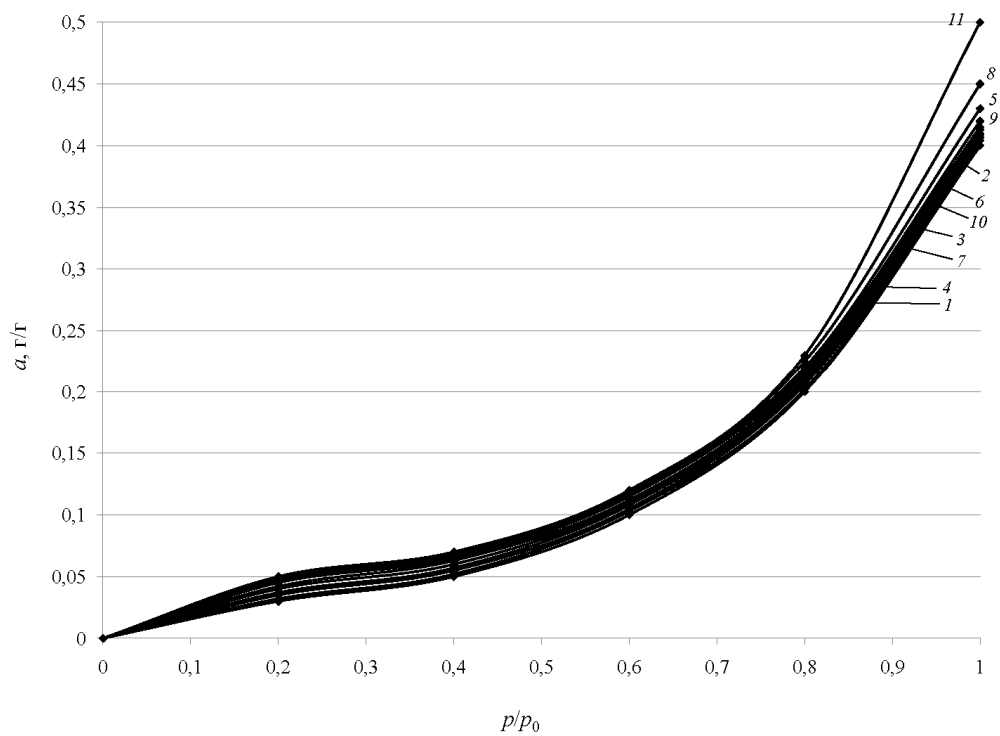


Рис. 3. Изотермы сорбции паров воды при температуре 25 °С пленками на основе природных полисахаридов третьей серии: 1 – ГПМЦ; 2 – образец № 19; 3 – образец № 20; 4 – образец № 21; 5 – образец № 22; 6 – образец № 23; 7 – образец № 24; 8 – образец № 25; 9 – образец № 26; 10 – образец № 27; 11 – агар-агар

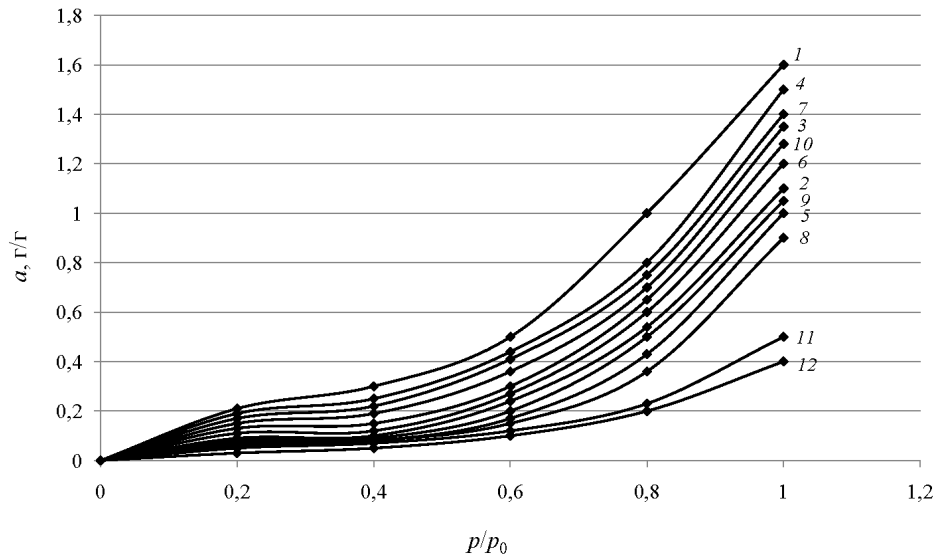


Рис. 4. Изотермы сорбции паров воды при температуре 25 °С пленками на основе природных полисахаридов четвертой серии: 1 – каррагинан; 2 – образец № 28; 3 – образец № 29; 4 – образец № 30; 5 – образец № 31; 6 – образец № 32; 7 – образец № 33; 8 – образец № 34; 9 – образец № 35; 10 – образец № 36; 11 – агар-агар; 12 – ГПМЦ

Полученные изотермы имеют вид, типичный для полимерных систем, для которых характерен резкий рост величины сорбции в области при  $p/p_0$  0,4–0,6, что свойственно плотно упакованным и растворимым в сорбате полимерам.

Далее для смесей природных полисахаридов (см. табл. 1) вычисляли энергию Гиббса по формулам (1)–(4), графическая интерпретация для четырех серий композиций представлена на рис. 5–8.

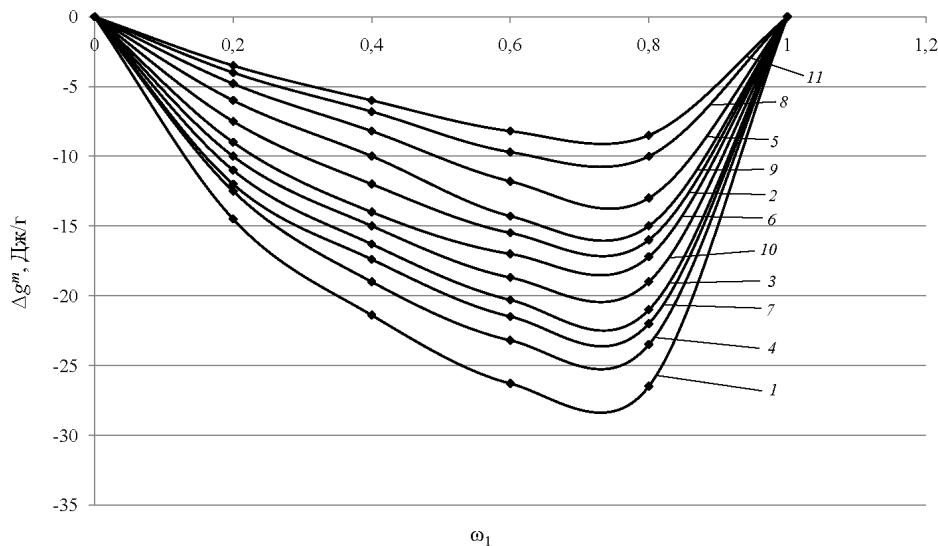


Рис. 5. Зависимость энергии Гиббса смешения от состава растворов природных полисахаридов в воде для композиций первой серии: 1 – каррагинан; 2 – образец № 1; 3 – образец № 2; 4 – образец № 3; 5 – образец № 4; 6 – образец № 5; 7 – образец № 6; 8 – образец № 7; 9 – образец № 8; 10 – образец № 9; 11 – ГПМЦ

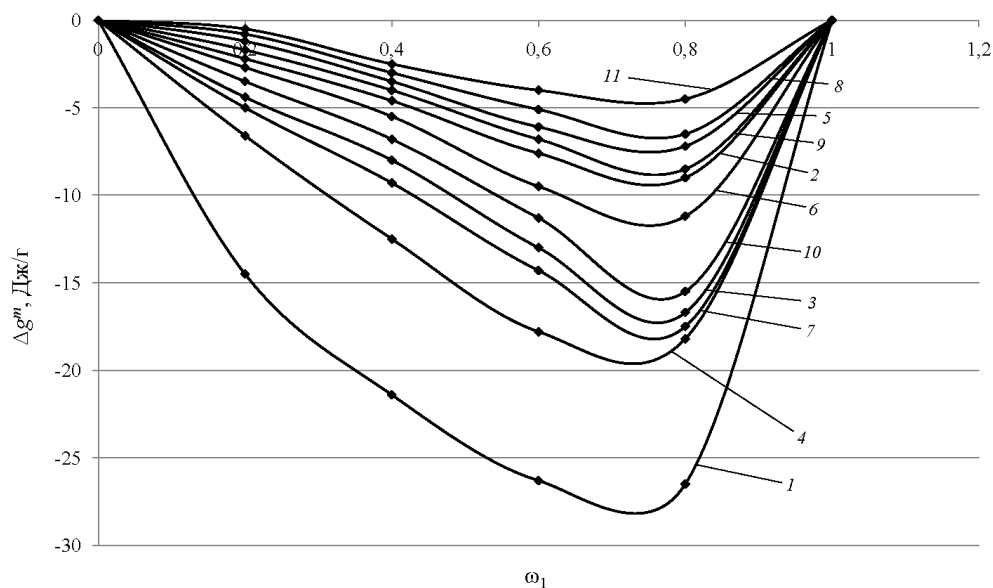


Рис. 6. Зависимость энергии Гиббса смешения от состава растворов природных полисахаридов в воде для композиций второй серии: 1 – каррагинан; 2 – образец № 10; 3 – образец № 11; 4 – образец № 12; 5 – образец № 13; 6 – образец № 14; 7 – образец № 15; 8 – образец № 16; 9 – образец № 17; 10 – образец № 18; 11 – агар-агар

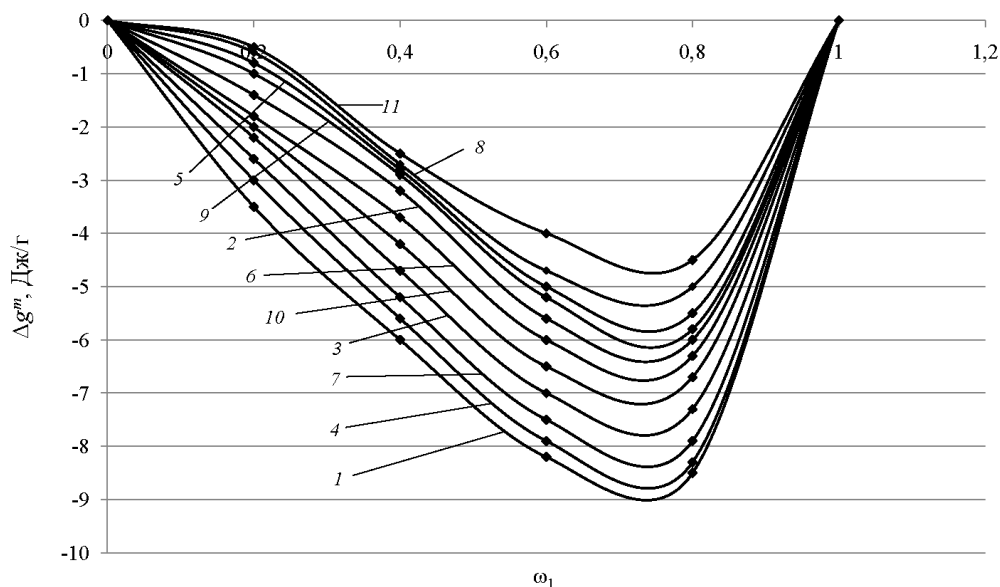


Рис. 7. Зависимость энергии Гиббса смешения от состава растворов природных полисахаридов в воде для композиций третьей серии: 1 – ГПМЦ; 2 – образец № 19; 3 – образец № 20; 4 – образец № 21; 5 – образец № 22; 6 – образец № 23; 7 – образец № 24; 8 – образец № 25; 9 – образец № 26; 10 – образец № 27; 11 – агар-агар

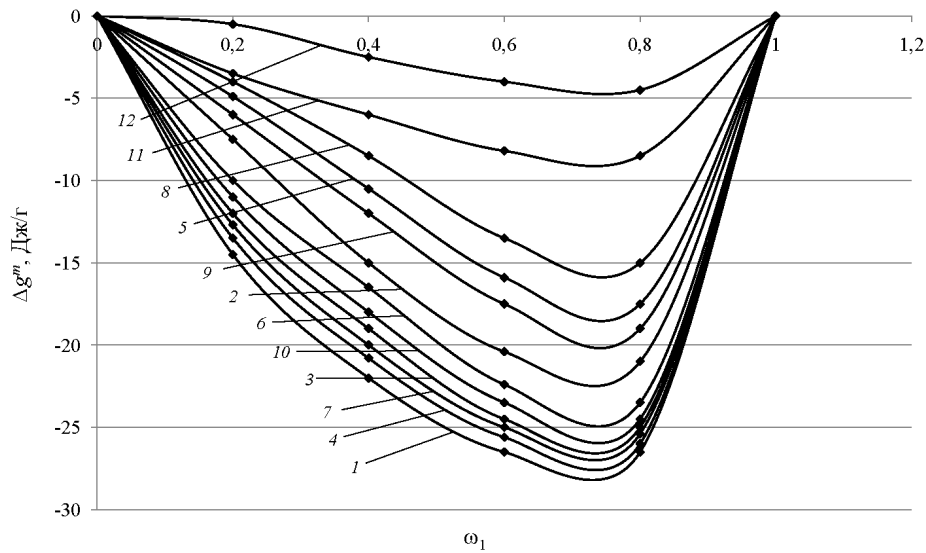


Рис. 8. Зависимость энергии Гиббса смешения от состава растворов природных полисахаридов в воде для композиций четвертой серии: 1 – каррагинан; 2 – образец № 28; 3 – образец № 29; 4 – образец № 30; 5 – образец № 31; 6 – образец № 32; 7 – образец № 33; 8 – образец № 34; 9 – образец № 35; 10 – образец № 36; 11 – ГПМЦ; 12 – агар-агар

Для композиций природных полисахаридов зависимости  $\Delta g^m$  имеют вид, характерный для ограниченно набухающих систем. Во всех рассмотренных случаях они лежат в отрицательной области энергии Гиббса, что является свидетельством термодинамической устойчивости образующихся растворов.

Термодинамические функции для изучаемых образцов вычисляли по формулам (5)–(9), графическая интерпретация зависимостей  $\Delta g_x$ ,  $T\Delta S_x$  и  $\Delta h_x$  от состава композиций представлена на рис. 9–12.

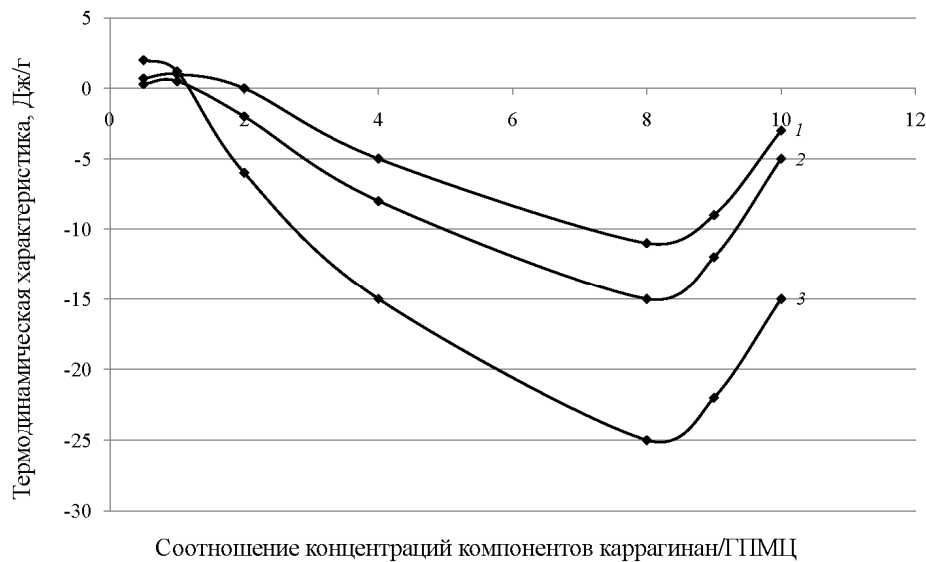


Рис. 9. Динамика термодинамических функций в зависимости от состава композиций природных полисахаридов (первая серия): 1 –  $\Delta g_x$ ; 2 –  $T\Delta S_x$ ; 3 –  $\Delta h_x$

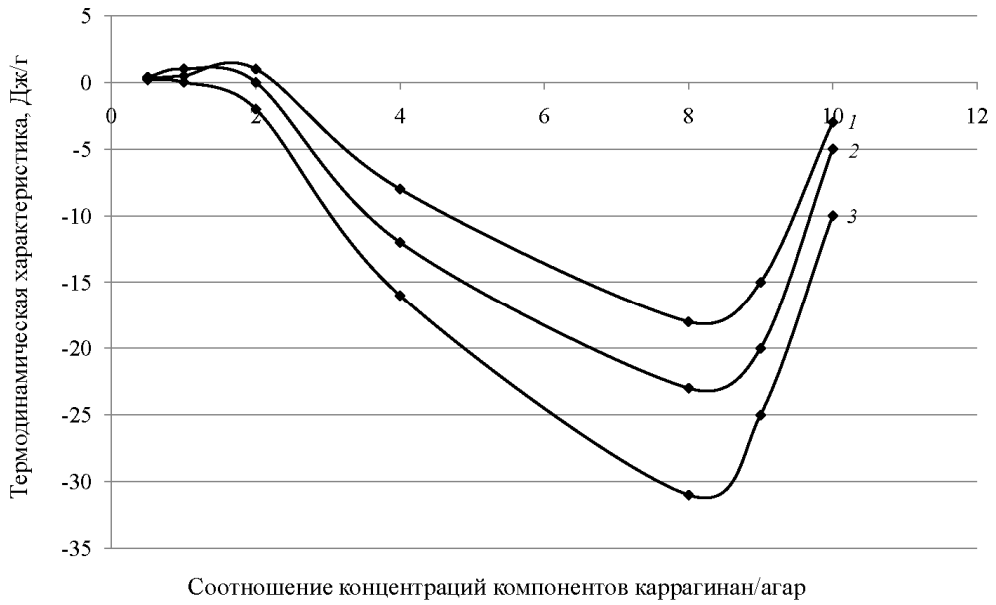


Рис. 10. Динамика термодинамических функций в зависимости от состава композиций природных полисахаридов (вторая серия): 1 –  $\Delta g_x$ ; 2 –  $T\Delta S_x$ ; 3 –  $\Delta h_x$

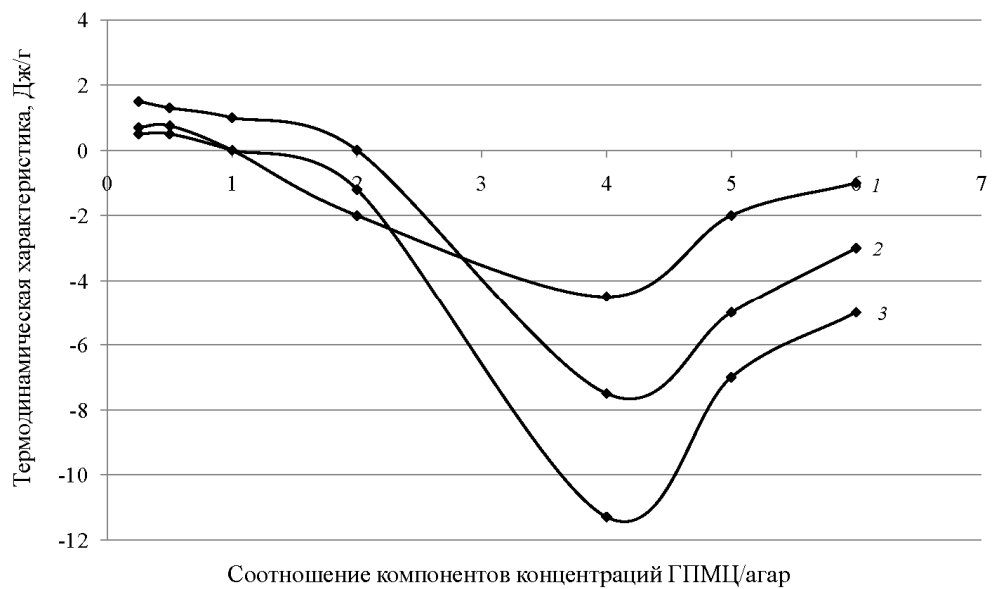


Рис. 11. Динамика термодинамических функций в зависимости от состава композиций природных полисахаридов (третья серия): 1 –  $\Delta g_x$ ; 2 –  $T\Delta S_x$ ; 3 –  $\Delta h_x$

Энергия Гиббса смешения полисахаридов в первой, второй, третьей и четвертой серии экспериментов (каррагинана и ГПМЦ, каррагинана и агар-агара, ГПМЦ и агар-агара, каррагинана, ГПМЦ и агар-агара)  $\Delta g_x$  лежит в области как отрицательных, так и положительных значений.

При  $\Delta g_x < 0$  композиция природных полисахаридов является термодинамически стабильной.

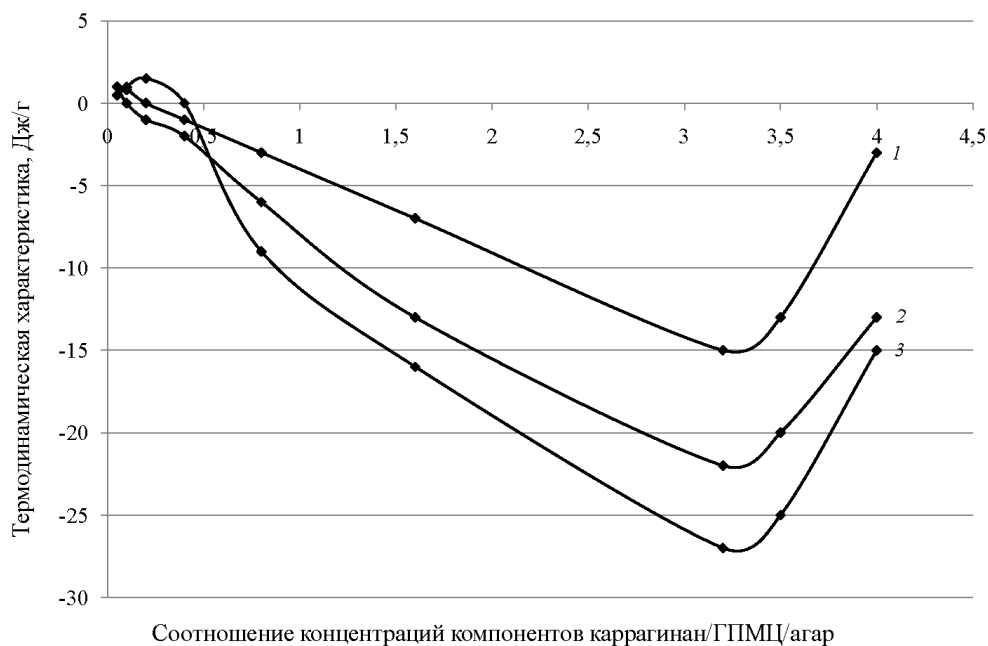


Рис. 12. Динамика термодинамических функций в зависимости от состава композиций природных полисахаридов (четвертая серия): 1 –  $\Delta g_x$ ; 2 –  $T\Delta S_x$ ; 3 –  $\Delta h_x$

На графиках (рис. 9–12) присутствует участок, на котором  $\Delta g_x > 0$  (в первой серии при соотношении концентраций полисахаридов 2,0 и менее, во второй серии – 2,5 и менее, в третьей серии при – 1,0 и менее, в четвертой серии – 0,25 и менее). Так как наблюдается смена знака  $\Delta g_x$ , можно сделать вывод, что система теряет устойчивость и расслаивается.

Смешение компонентов (в первой, второй, третьей и четвертой серии экспериментов в диапазоне соотношения концентраций полисахаридов соответственно от 1,0 до 10,0; от 1,0 до 10,0; от 1,1 до 6,0; от 0,4 до 6,0) сопровождается отрицательными значениями  $\Delta h_x$ , что свидетельствует о экзотермичности процесса.

Форма кривой 2 на рис. 9–12 позволяет сделать вывод об образовании в растворах совместных упорядоченных структур (в первой, второй, третьей и четвертой серии экспериментов в диапазоне соотношения концентраций полисахаридов соответственно от 1,0 до 10,0; от 2,1 до 10,0; от 2,1 до 6,0; от 0,1 до 4,0), поскольку в этом диапазоне величина  $T\Delta S_x$  принимает отрицательные значения.

Наиболее термодинамически устойчивыми являются растворы природных полисахаридов (см. табл. 1) из первой серии № 3 (соотношение концентраций полисахаридов равно 8), № 2 и 6 (соотношение концентраций полисахаридов равно 4); из второй серии № 12 (соотношение концентраций полисахаридов равно 8), № 11 и 15 (соотношение концентраций полисахаридов равно 4); из третьей серии № 21 (соотношение концентраций полисахаридов равно 4), № 20 и 24 (соотношение концентраций полисахаридов равно 2); из четвертой серии № 30 (соотношение концентраций полисахаридов равно 3,2), № 29 (соотношение концентраций полисахаридов равно 1,6), № 28 и 33 (соотношение концентраций полисахаридов равно 0,8).

### **Заключение**

На основании исследований совместного действия компонентов биоразлагаемых полимеров (гидроксипропилметилцеллюлоза, агар-агар, каррагинан) на термодинамические свойства композиций рассчитаны изменения термодинамических функций при смешении полисахаридов.

Анализ термодинамических характеристик смешения растворов природных полисахаридов позволил выбрать наиболее оптимальные композиции на основе гидроксипропилметилцеллюлозы, агар-агара и каррагинана (см. табл. 1), которые в дальнейшем можно использовать в разработке и технологии биоразлагаемых упаковочных материалов: № 2, 3, 6, 11, 12, 15, 20, 21, 24, 28, 29, 30 и 33.

### **Библиографический список**

1. Полимерные пленки / ред. Е. М. Абдель-Бари ; пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. – СПб. : Профессия, 2005. – 350 с.
2. **Ананьев, В. В.** Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / В. В. Ананьев, М. И. Губанова, И. А. Кирш. – М. : МГУПБ, 2007. – 84 с.
3. **Балов, А.** Мировой рынок биополимеров / А. Балов, О. Ашпина // *The Chemical Journal*. – 2012. – № 3. – Р. 48–53.
4. **Кузнецова, Л. С.** Биоразлагаемая упаковка в мясных технологиях / Л. С. Кузнецова, Г. Х. Кудрякова, Е. Г. Шевченко, Н. В. Кузнецова // *Мясные технологии*. – 2006. – № 12. – С. 4–9.
5. **Ольхов, А. А.** Экологические проблемы утилизации упаковок из полимерных материалов / А. А. Ольхов, С. В. Власов, Г. Е. Заиков // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. – 2012. – № 4. – С. 34–43.
6. **Роговина, С. З.** Исследование термостабильности смесей на основе синтетических полимеров и природных полисахаридов / С. З. Роговина А. В. Грачев, К. В. Алексанян, Э. В. Прут // *Химия растительного сырья*. – 2010. – № 4. – С. 45–50.
7. **Смирнова, Е. А.** Термодинамика совместимости компонентов и реологические свойства смесей синтетических полимеров с полисахаридами : автореф. дис. ... канд. хим. наук / Смирнова Е. А. – Екатеринбург, 2009. – 24 с.
8. **Шевченко, В. Г.** Основы физики полимерных композиционных материалов / В. Г. Шевченко. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2010. – 99 с.
9. **Rhim, J.-W.** Bio-nanocomposites for food packaging applications / J.-W. Rhim, H.-M. Park, C.-S. Ha // *Progress in polymer science*. – 2013. – Vol. 38, iss. 10–11. – P. 1629–1652.
10. **Teruo, N.** Biodégradation of high-strength and high-modulus PE-starch composite films buried in several kinds of soils / N. Teruo, J. Hiraku, M. Masaru // *J. Macromol. Sci. B*. – 2008. – № 1. – P. 85–98.
11. **Yates, M. R.** Life cycle assessments of biodegradable, commercial biopolymers – A critical review / M. R. Yates, C. Y. Barlow // *Resources conservation and recycling*. – 2013. – Vol. 78. – P. 54–66.

### **References**

1. *Polimernye plenki* [Polymer membranes]. Ed. E. M. Abdel'-Bari; transl. from Engl. ed. by G. E. Zaikov. Saint-Petersburg: Professiya, 2005, 350 p.
2. Anan'ev V. V., Gubanov M. I., Kirsh I. A. *Utilizatsiya i vtorichnaya pererabotka polimernykh materialov* [Utilization and recycling of polymeric materials]. Moscow: MGUPB, 2007, 84 p.
3. Balov A., Ashpina O. *The Chemical Journal*. 2012, no. 3, pp. 48–53.



4. Kuznetsova L. S., Kudryakova G. Kh., Shevchenko E. G., Kuznetsova N. V. *Myasnye tekhnologii* [Meat technology]. 2006, no. 12, pp. 4–9.
5. Ol'khov A. A., Vlasov S. V., Zaikov G. E. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* [All materials. Encyclopedic reference]. 2012, no. 4, pp. 34–43.
6. Rogovina S. Z., Grachev A. V., Aleksanyan K. V., Prut E. V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant materials]. 2010, no. 4, pp. 45–50.
7. Smirnova E. A. *Termodinamika sovmestimosti komponentov i reologicheskie svoystva smesey sinteticheskikh polimerov s polisakharidami: avtoref. dis. kand. khim. nauk* [Thermodynamics of compatibility of components and rheological properties of mixtures of synthetic polymers with polysaccharides: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of chemical sciences]. Ekaterinburg, 2009, 24 p.
8. Shevchenko V. G. *Osnovy fiziki polimernykh kompozitsionnykh materialov* [Fundamentals of physics of polymer composite materials]. Moscow: MGU im. M. V. Lomonosova, 2010, 99 p.
9. Rhim J.-W., Park H.-M., Ha C.-S. *Progress in polymer science*. 2013, vol. 38, iss. 10–11, pp. 1629–1652.
10. Teruo N., Hiraku J., Masaru M. *J. Macromol. Sci. B*. 2008, no. 1, pp. 85–98.
11. Yates M. R., Barlow C. Y. *Resources conservation and recycling*. 2013, vol. 78, pp. 54–66.

---

**Дышлюк Любовь Сергеевна**

кандидат биологических наук,  
руководитель Научно-образовательного  
центра, Кемеровский государственный  
университет (Россия, г. Кемерово,  
ул. Красная, 6)

E-mail: dyshlyuk85@bk.ru

**Dyshlyuk Lyubov' Sergeevna**

Candidate of biological sciences, head  
of Scientific and educational center,  
Kemerovo State University  
(6 Krasnaya street, Kemerovo, Russia)

**Просеков Александр Юрьевич**

доктор технических наук, ректор,  
Кемеровский государственный  
университет (Россия, г. Кемерово,  
ул. Красная, 6)

E-mail: olich.43@mail.ru

**Prosekov Aleksandr Yur'evich**

Doctor of engineering sciences, rector,  
Kemerovo State University  
(6 Krasnaya Street, Kemerovo, Russia)

---

УДК 577.11: 60

**Дышлюк, Л. С.**

**Изучение термодинамическими методами потенциала природных композитов как основы биоразлагаемых пленок / Л. С. Дышлюк, А. Ю. Просеков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 29–41. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-3.**

## ИЗУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КОНСОРЦИУМА МИКРООРГАНИЗМОВ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Изучены свойства консорциума микроорганизмов, в том числе антибиотические свойства по отношению к ряду бактерий.

*Материалы и методы.* В работе использованы ранее выделенный штамм K205 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* и новая выделенная культура из свежего молока. Используются классические микробиологические методы выделения и изучения морфологических, физиолого-биохимических и антибиотических свойств микроорганизмов. Каждый эксперимент был проведен в трех повторностях, результаты экспериментов были статистически обработаны.

*Результаты.* Проведены скрининг, выделение и идентификация культуры *Lactococcus lactis* 276, изучены морфологические, физиолого-биохимические и антибиотические свойства. Выявлено, что выделенная культура обладает антибиотической активностью по отношению к *Bacillus coagulans* – 2800 МЕ/мл, *Escherichia coli* – 3000 МЕ/мл. Исследованы физиолого-биохимические свойства соотношений молочнокислых бактерий (1:1, 1:2, 2:1). По всем изученным свойствам соотношение культур 276 и K-205 1:1 показало наилучшие результаты. Данный вариант соотношений показал активное антибиотическое действие по отношению к грамположительным и грамотрицательным бактериям: *Bacillus coagulans* – 3500 МЕ/мл, *Escherichia coli* – 3200 МЕ/мл.

*Выводы.* В результате работы выделена активная культура *Lactococcus lactis* 276. Изучены морфологические, физиолого-биохимические свойства и исследованы антибактериальные свойства соотношений культур с известным штаммом *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* K-205.

**Ключевые слова:** бактериоцин, антибактериальное действие, молочнокислые бактерии, *Lactococcus lactis*, биотехнология, консорциум.

T. D. Sul'timova, L. G. Stoyanova

## STUDYING THE ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF THE MICROORGANISM CONSORTIUM

### Abstract.

*Background.* The properties of consortia of microorganisms including antibiotic properties on a number of bacteria are studied.

*Materials and methods.* The previously isolated strain K205 of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* was used in the work and a new isolated culture from fresh milk from the Republic of Buryatia. Classical microbiological methods of isolating and studying morphological, physiological-biochemical and antibiotic properties of microorganisms were used. Each experiment was performed in triplicate and statistically processed.

---

© 2018 Сульtimiова Т. Д., Стоянова Л. Г. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

*Results.* Screening, isolation and identification of the culture of *Lactococcus lactis* 276 were carried out, morphological, physiological-biochemical and antibiotic properties were studied. It was revealed that the isolated culture has antibiotic activity in relation to *Bacillus coagulans* – 2800 ME/ml, *Escherichia coli* – 3000 ME/ml. The physiological-biochemical properties of the ratios of lactic acid bacteria (1:1, 1:2, 2:1) are investigated. For all the properties studied, the ratio of cultures 276 and K-205 1:1 showed the best results. This variant of the ratio showed an active antibiotic action against Gram-positive and Gram-negative bacteria: *Bacillus coagulans* – 3500 IU/ml, *Escherichia coli* – 3200 IU/ml.

*Conclusions.* As a result of the work, active culture of *Lactococcus lactis* 276 was isolated. Morphological, physiological and biochemical properties were studied and the antibacterial properties of the culture relationships with the known strain *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* K-205.

**Key words:** bacteriocin, antibacterial action, lactic acid bacteria, *Lactococcus lactis*, biotechnology, consortium of microorganisms.

Микроорганизмы существуют в природе как в виде популяций организмов одного типа, образуя микроколонии, растущие в локализованном сайте, так и в виде сообществ, где различные популяции взаимодействуют между собой, в том числе подавляя рост и развитие соседних культур.

Антагонистическое действие штаммов может иметь несколько причин: образование антибиотиков, продуктов обмена, оказывающих ингибирующее действие; разная скорость адаптации штаммов к конкретной питательной среде; темп размножения (продолжительность генерации) и др.

Многие бактерии, в том числе молочнокислые, синтезируют антибиотические вещества белковой природы – бактериоцины, действующие губительно на родственные виды и штаммы микроорганизмов и тормозящие их рост или имеющие более широкий спектр антибактериального действия, таким образом проявляя свои антагонистические свойства для получения конкурентного преимущества в естественных условиях существования.

Резистентность бактерий к действию бактериоцинов определяется наличием специальных структур – рецепторов на поверхности клетки. По-видимому, этим определяется избирательная активность бактериоцинов в отношении бактерий того же или близко родственных видов.

В данной статье рассмотрено совместное культивирование близкородственных молочнокислых бактерий, выделенных из разных природных источников, в различных соотношениях, и изучение их свойств, в том числе изменение антибактериальной активности культур в процессе роста.

### Материалы и методы исследования

Материал исследования: штамм K205 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, выделенный ранее из национального кисломолочного напитка «Курунга» и обладающий широким спектром антибактериальной активности на грамположительные и грамотрицательные группы бактерий, а также на плесневые грибы и дрожжи. *Lactococcus lactis* 276, выделенный из свежего коровьего молока. Были использованы следующие микробиологические среды: мясопептонный агар (МПА), молочный обрат, MRS, оптимизированная биосинтетическая среда следующего состава (%):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,5,  $\text{MgSO}_4$  – 0,02,  $\text{NaCl}$  – 0,2, глюкоза – 2,6, дрожжевой экстракт – 35–40 мг % азота аммония.

### Методы исследования

В работе использованы классические микробиологические методы для выделения чистых культур микроорганизмов из природных источников и изучения морфологических и физиолого-биохимических свойств. Культивирование микроорганизмов проводили при температуре 28 °С в термостате в течение 24 ч.

*Морфологию выделенных микроорганизмов* изучали по характеру роста на твердой питательной среде МПА и в результате микроскопирования. Микроскопирование проводили на микроскопе Альтами БИО 8 при увеличении в 2000 раз.

*Устойчивость штамма к NaCl* отмечали визуально (после встряхивания пробирки) по наличию или отсутствию мутности и определяли оптическую плотность на фотоэлектроколориметре (ФЭК). Предварительно культуру выращивали на жидкой биосинтетической среде с 4 и 6,5 % NaCl при температуре 30 °С в течение 24 ч.

*Определение роста культуры при pH 9,6* отмечали визуально (после встряхивания пробирки) по наличию или отсутствию мутности и определяли оптическую плотность на ФЭКе. Предварительно культуру выращивали на жидкой биосинтетической среде со значением pH 9,6 при температуре 30 °С в течение 24 ч.

*Определение роста культуры при различной температуре (10, 40, 45 °С)* отмечали визуально (после встряхивания пробирки) по наличию или отсутствию мутности и определяли оптическую плотность на ФЭКе. Культуру выращивали на жидкой биосинтетической среде при разных значениях температур: 10, 40, 45 °С в течение 24 ч.

*Ферментативную активность* в отношении потребления ряда углеводов проводили по методу «пестрого ряда». *Антибиотическую активность* определяли методом диффузии в агар с измерением зоны подавления роста тест-культур *Bacillus coagulans* и *Escherichia coli* в мм. В качестве эталона для перевода в МЕ использовали соответствующие разведения антибиотического препарата Низаплин (Aplin & Barrett Ltd, Великобритания). *Определение белка* проводили по методу А. Дуденкова.

*Количество молочной кислоты (кислотность)* определяли методом титрования и по разности между объемами 0,1 н раствора NaOH, пошедшего на титрование среды культивирования до и после роста бактерий.

Каждый эксперимент был проведен в трех повторностях. Результаты экспериментов были статистически обработаны.

### Результаты исследований

Выделение культуры *Lactococcus lactis* проводили из свежего коровьего молока методом посева на чашки со средами МПА и MRS. В результате было отобрано пять колоний молочнокислых микроорганизмов, по морфологическим признакам соответствующих молочнокислым лактококкам. Чистоту выделенной культуры проверяли микроскопическим контролем и высевом на среду МПА и биосинтетическую среду. Идентификацию молочнокислых микроорганизмов осуществляли на основании морфологических, культуральных, физиолого-биохимических признаков в соответствии с определителем бактерий Берги.

Изученные морфологические свойства, способность роста при различных температурах и значениях pH выделенных пяти штаммов сравнивали со свойствами бактерий *L. lactis* subsp. *lactis*, описанных в определителе бактерий Берги (табл. 1).

Таблица 1  
Дифференцирующие признаки штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*

Признаки	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	1	2	3	4	5
Преимущественное расположение клеток наиболее типичное указано первым	короткие цепочки	короткие цепочки	короткие цепочки	короткие цепочки	короткие цепочки	короткие цепочки
Рост при 10 °С	+	+	+	+	+	+
Рост при 40 °С	+	+	+	+	+	+
Рост при 45 °С	–	–	–	–	–	–
pH 9,6	–	–	–	–	–	–
Рост в присутствии 4 % NaCl	+	+	+	+	+	+
Рост в присутствии 6,5 % NaCl	–	–	–	–	–	–

**Примечание.** Знак «+» – 90 % или более штаммов положительные, «–» – 90 % или более отрицательные.

Показано, что оптимальной температурой роста культуры *L. lactis* является 30 °С. Выявлено, что бактерии также растут при 39–40 °С и при наличии в среде 4 % NaCl; не развиваются в среде, в которой содержится 6,5 % NaCl и при высокой кислотности среды (pH 9,5).

Кроме того, был использован метод определения сбраживания углеводов исследуемыми штаммами с использованием готовых растворов углеводов (1 %) и индикатора бромкрезолового пурпурного в жидкой биосинтетической среде (табл. 2).

Таблица 2  
Способность к потреблению углеводов выделенных штаммов

Способность к потреблению углеводов	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	1	2	3	4	5
Сахароза	+	+	+	+	+	+
Лактоза	+	+	+	+	+	+
Маннит	+	+	+	+	+	+
Глюкоза	+	+	+	+	+	+
Мальтоза	+	+	+	+	+	+
Сорбит	–	–	–	–	–	–

**Примечание.** Знак «+» – обозначает способность к потреблению углеводного субстрата, «–» – отсутствие способности к потреблению.

Культивировали в течение 24 ч при 30 °С, после чего по изменению окраски среды и измерению оптической плотности отмечали результат.

Из табл. 2 видно, что образцы 1–5 сбраживают сахарозу, лактозу, манит, глюкозу, мальтозу и не сбраживают сорбит, что характерно для *L. lactis* subsp. *lactis* согласно Определителю бактерий Берги.

Далее методом диффузии в агар определяли антибиотическую активность выделенных вариантов по отношению к ряду микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus subtilis*, и в результате отобран вариант *Lactococcus lactis* № 1, обладающий наибольшей антибиотической активностью по отношению ко всем трем тест-организмам (табл. 3).

Таблица 3

Определение антибиотической активности

Культура микроорганизмов	Средний диаметр зон подавления, мм				
	1	2	3	4	5
<i>Escherichia coli</i>	15 ± 0,5	13 ± 0,5	12,5 ± 0,5	11 ± 0,5	10 ± 0,5
<i>Bacillus coagulans</i>	13 ± 0,5	13 ± 0,5	13 ± 0,5	12 ± 0,5	11 ± 0,5
<i>Bacillus subtilis</i>	14 ± 0,5	12,5 ± 0,5	12,5 ± 0,5	12 ± 0,5	12 ± 0,5

В дальнейших исследованиях использован вариант № 1 – *Lactococcus lactis* 276.

Изучена динамика роста культуры 276, представленная на рис. 1.

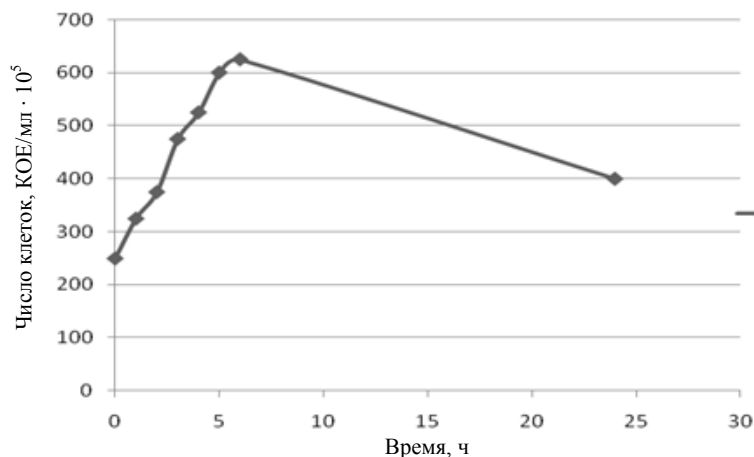
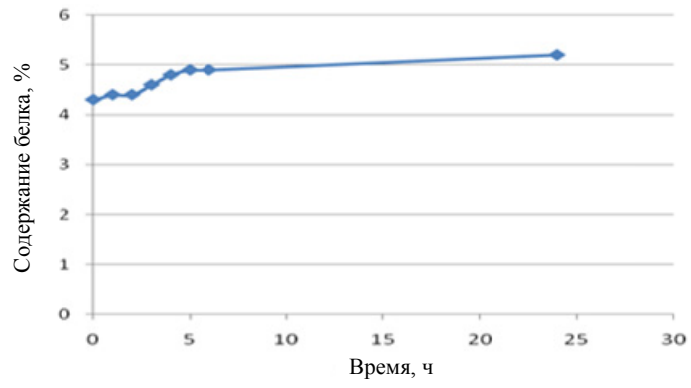


Рис. 1. Динамика роста *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 276

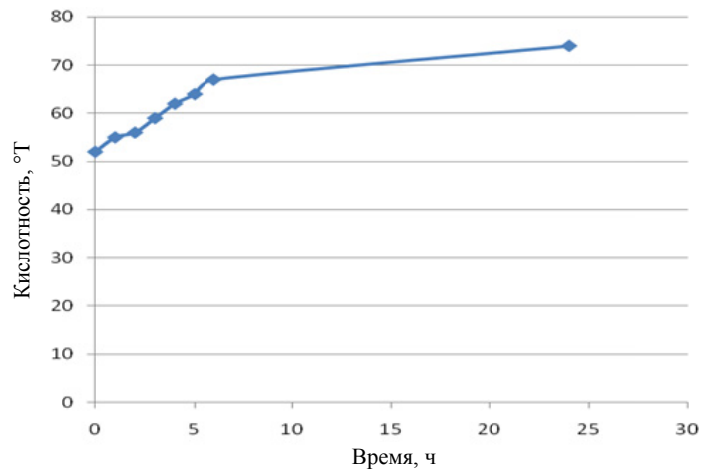
Показано, что максимальное накопление биомассы происходит за 6 ч культивирования, что является характерным признаком для молочнокислых лактококков.

На рис. 2 показана динамика накопления белка. Максимальное накопление белка происходит на 6 ч культивирования.

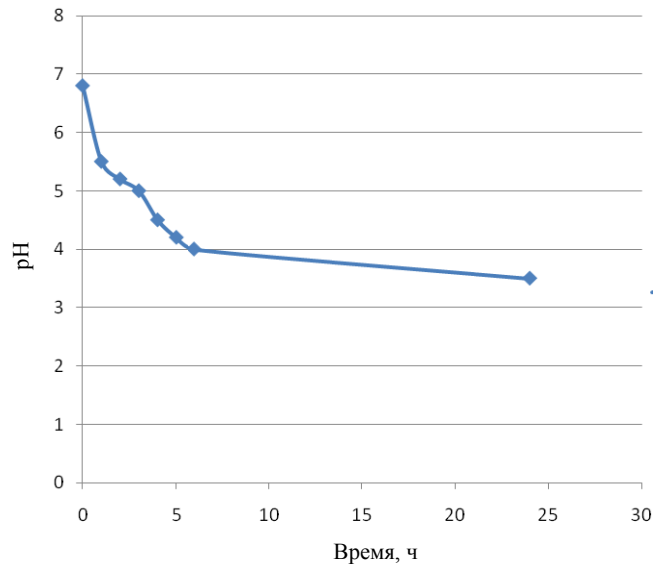
За счет образования молочной кислоты максимальный уровень кислотности достигает 74 °Т за 25 ч культивирования, показатель рН уменьшается с 6,8 до 3,5.



а)



б)



в)

Рис. 2. Динамика изменения уровня:  
 а – белка, %; б – кислотности, °T; в – pH *Lactococcus lactis* 276

Результаты определения бактериоцинтсезирующей активности *Lactococcus lactis* 276 в процессе культивирования с измерением зоны подавления роста тест-культуры *Bacillus coagulans* и *Escherichia coli* в мм представлены в табл. 4.

Таблица 4

Антибиотическая активность штамма *Lactococcus lactis* 276

Время, ч	Диаметр подавления зон, мм	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus coagulans</i>
0	13 ± 0,5	12 ± 0,5
1	15 ± 0,5	12 ± 0,5
2	15 ± 0,5	13 ± 0,5
3	15 ± 0,5	12 ± 0,5
4	15 ± 0,5	13 ± 0,5
5	15 ± 0,5	13 ± 0,5
6	16 ± 0,5	12 ± 0,5
24	13 ± 0,5	12 ± 0,5

Культура проявляла антибиотические свойства с момента начала культивирования, однако после 6 ч замечена наибольшая зона подавления роста тест-культуры *Escherichia coli*, диаметр которой составил 16 мм.

Далее проведены исследования свойств соотношений молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis* К-205 и 276 при совместном культивировании.

Изучен спектр антибиотического действия ранее выделенного штамма *Lactococcus lactis* subsp *lactis* К-205 и выделенного из свежего коровьего молока *Lactococcus lactis* 276 в соотношениях 2:1, 1:2, 1:1 (табл. 5).

Таблица 5

Антибиотическая активность *Lactococcus lactis* subsp *lactis* К-205 и 276 в соотношении 2:1, 1:2, 1:1

Время, ч	Диаметр подавления зон, мм					
	2:1		1:2		1:1	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus coagulans</i>
0	13 ± 0,5	13 ± 0,5	13 ± 0,5	14 ± 0,5	11 ± 0,5	10 ± 0,5
1	12 ± 0,5	12 ± 0,5	12 ± 0,5	13 ± 0,5	12 ± 0,5	12 ± 0,5
2	12,5 ± 0,5	13 ± 0,5	13 ± 0,5	12 ± 0,5	12 ± 0,5	12 ± 0,5
3	12 ± 0,5	12 ± 0,5	13 ± 0,5	13 ± 0,5	13 ± 0,5	12 ± 0,5
4	13 ± 0,5	12 ± 0,5	14 ± 0,5	14 ± 0,5	14 ± 0,5	12 ± 0,5
5	13 ± 0,5	13 ± 0,5	14 ± 0,5	14 ± 0,5	15 ± 0,5	13 ± 0,5
6	12 ± 0,5	12 ± 0,5	14 ± 0,5	12 ± 0,5	15 ± 0,5	13 ± 0,5
24	12 ± 0,5	12 ± 0,5	14 ± 0,5	12 ± 0,5	11 ± 0,5	11 ± 0,5



Установлено, что выделенные активные бактериоцинообразующие штаммы подавляли рост *Escherichia coli*, *B. coagulans*. Штаммы 276 и К-205 в соотношениях 2:1, 1:2 проявляли антибиотическую активность по отношению к *Escherichia coli*, *B. coagulans*, но незначительно. Культуры в соотношении 1:1 обладали антибактериальным действием: эффективно подавляли рост тест-культур и к 6 ч культивирования зона подавления роста *Escherichia coli* составляла 15 мм, а *Bacillus coagulans* – 13 мм, что выше, чем результаты в других соотношениях.

Предполагаем, что в соотношении 1:1 имеет место быть выраженное антагонистическое действие культур в борьбе за субстрат и, соответственно, антибиотическое действие наиболее выражено (рис. 3). Тогда как в соотношениях 2:1, 1:2 происходит подавление культуры, находящейся в меньшем количестве.

Изучена динамика роста соотношений штаммов 276 и К-205 (1:1, 1:2, 2:1).

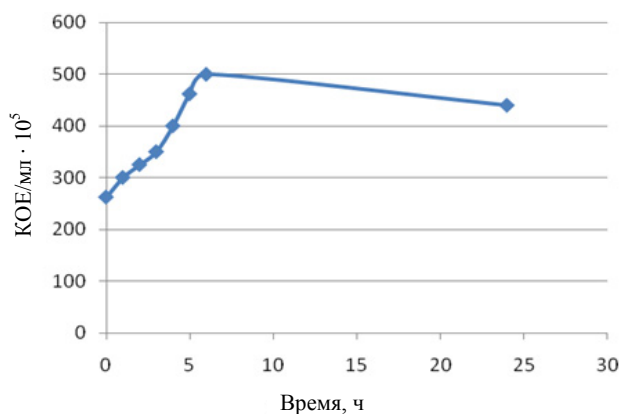


Рис. 3. Динамика роста соотношения культур 1:1

В результате выявлено, что при соотношении 1:1 наблюдается наибольший рост культур ( $500 \cdot 10^5$  КОЕ/мл) на 6 ч культивирования.

Проводили измерение накопления белка, динамику изменения кислотности (рис. 4).

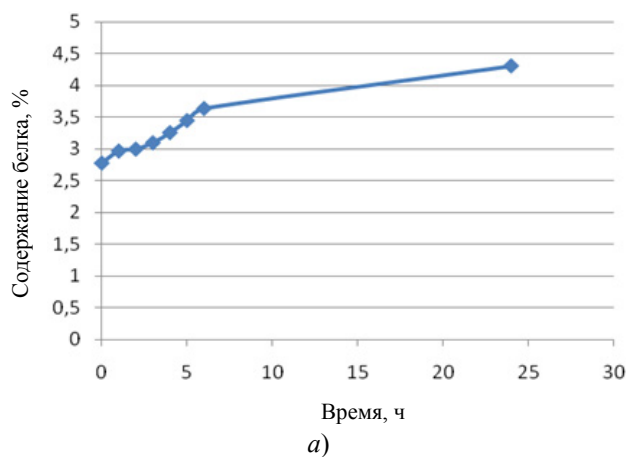


Рис. 4. Динамика накопления белка (а) и изменение уровня кислотности (б) соотношения культур 1:1 (начало)

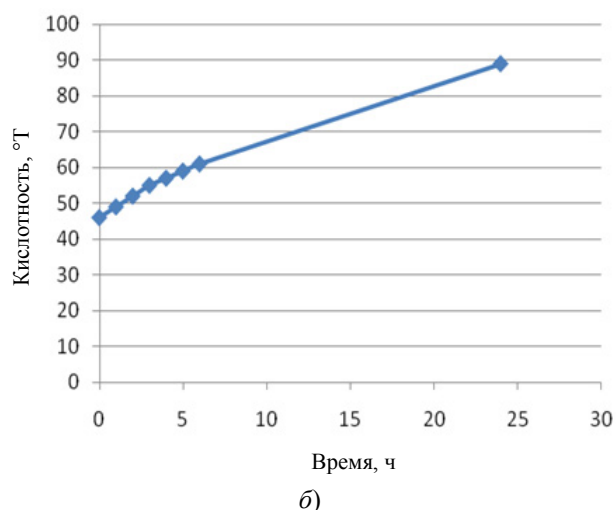


Рис. 4. Динамика накопления белка (а) и изменение уровня кислотности (б) соотношения культур 1:1 (окончание)

Изменение динамики накопления белка происходило равномерно во всех соотношениях. На рис. 4,а представлена динамика соотношения 1:1, из которой видно, что максимальное накопление белка (3,6 %) происходит на 6 ч культивирования. Максимальный уровень кислотности достигается на 24 ч культивирования и составляет 90 °Т.

#### Заключение

В результате проделанной работы проведены скрининг, выделение и идентификация штамма *Lactococcus lactis* 276, изучены морфологические и физиолого-биохимические свойства выделенной культуры, изучена антибиотическая активность штамма 276. Выявлено, что выделенный штамм обладал антибиотической активностью по отношению к *Bacillus coagulans* – 2800 МЕ/мл, *Escherichia coli* – 3000 МЕ/мл. Исследованы физиолого-биохимические свойства соотношений молочнокислых бактерий (1:1, 1:2, 2:1). По характеру роста, накоплению белка, кислотности соотношение штаммов 276 и К205 молока и из лечебно-профилактического продукта курунга, в соотношении 1:1, показало наилучшие результаты. Изучено антибактериальное действие соотношений. Наиболее активным по отношению к грамположительным и грамотрицательным бактериям являлось соотношение культур 1:1: *Bacillus coagulans* – 3500 МЕ/мл, *Escherichia coli* – 3200 МЕ/мл, что является весьма перспективным для дальнейшего использования консорциума в биотехнологических целях.

#### Библиографический список

1. **Стоянова, Л. Г.** Создание банка лиофильных бактериоцинопродуцирующих молочнокислых бактерий / Л. Г. Стоянова, Т. Д. Сульимова, А. И. Нетрусов // Цитология. – 2004. – Т. 46, № 10. – С. 865–867.
2. **Стоянова, Л. Г.** Микробиологическая характеристика нового штамма *Lactococcus lactis ssp. lactis* К-205 / Л. Г. Стоянова, Т. Д. Сульимова, А. Р. Строева, А. И. Нетрусов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2008. – № 1. – С. 60–63.

3. **Квасников, Е. И.** Молочнокислые бактерии и их использование / Е. И. Квасников, О. А. Нестеренко. – М. : Наука, 2003. – 348 с.
4. **Стоянова, Л. Г.** Молочнокислые бактерии / Л. Г. Стоянова // Практикум по микробиологии / под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Академия, 2005. – С. 467–486.

### *References*

1. Stoyanova L. G., Sul'timova T. D., Netrusov A. I. *Tsitologiya* [Cytology]. 2004, vol. 46, no. 10, pp. 865–867.
2. Stoyanova L. G., Sul'timova T. D., Stroeva A. R., Netrusov A. I. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* [Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology]. 2008, no. 1, pp. 60–63.
3. Kvasnikov E. I., Nesterenko O. A. *Molochnokislye bakterii i ikh ispol'zovanie* [Lactic acid bacteria and their use]. Moscow: Nauka, 2003, 348 p.
4. Stoyanova L. G. *Praktikum po mikrobiologii* [Practical work on microbiology]. Moscow: Akademiya, 2005, pp. 467–486.

---

#### ***Сультимова Татьяна Доржиевна***

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра биотехнологии, Восточно-  
Сибирский государственный  
университет технологий и управления  
(Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в)

E-mail: tsultimova@mail.ru

#### ***Sul'timova Tat'yana Dorzhievna***

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of biotechnology,  
East Siberia State University of Technology  
and Management (40v Klyuchevskaya  
street, Ulan-Ude, Russia)

#### ***Стоянова Лидия Григорьевна***

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра микробиологии, Московский  
государственный университет  
имени М. В. Ломоносова (Россия,  
г. Москва, Ленинские горы, 1)

E-mail: stoyanovamsu@mail.ru

#### ***Stoyanova Lidiya Grigor'evna***

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of microbiology,  
Lomonosov Moscow State University  
(1 Leninskie Gory, Moscow, Russia)

---

УДК 579.63: 579.66

#### **Сультимова, Т. Д.**

**Изучение антибактериальных свойств консорциума микроорганизмов / Т. Д. Сультимова, Л. Г. Стоянова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 42–51. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-4.**

## СПОСОБЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ АГЛОМЕРАЦИИ ВОЛГОГРАД-ВОЛЖСКИЙ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Основной причиной значительного потока поллютантов (тяжелых металлов и др.), поступающего в почвы агломерации Волгоград-Волжский является огромное количество антропогенных источников загрязнения окружающей среды (промышленные предприятия, транспортные магистрали, АЗС и др.). Поэтому научный и практический интерес представляет проведение мониторинга содержания тяжелых металлов (ТМ) различных форм в почвах вблизи источников антропогенного воздействия на экосистемы, необходимого для разработки эффективных и экологически безопасных мероприятий для снижения так называемого «металлического пресса».

*Материалы и методы.* Отбор образцов светло-каштановых и аллювиальных почв для анализа проводили на территории г. Волжского Волгоградской области (АЗС № 1 и 3, Речпорт) в 2015–2017 гг. В исследуемых образцах были определены концентрации валовой, подвижной и впервые – водорастворимой и сорбированной форм тяжелых металлов (ТМ). Концентрации водорастворимой формы ТМ были определены в водных вытяжках из почв, а их сорбированной формы – в почвенных образцах, подвергшихся воздействию повышенных температур и давления в автоклаве.

*Результаты и выводы.* В работе приведен сравнительный анализ концентраций валовых, подвижных, водорастворимых и сорбированных форм тяжелых металлов (Cu, Zn и Ni) и их процентное содержание по отношению к валовым формам. При анализе исследуемых данных видно, что в почвах преобладает цинк, меньше всего меди. В почве Речпорта максимальны концентрации валовых форм Cu и Ni и сорбированной формы Ni и минимальны концентрации валовой формы Zn, подвижных форм Ni, сорбированных форм Cu и Zn. В почве АЗС № 3 выявлено большее содержание валовой формы Zn и подвижных форм Cu и Zn и меньшее содержание валовых форм Cu и Ni, водорастворимой формы Cu и сорбированной формы Ni. В почве АЗС № 1 обнаружена наибольшая концентрация водорастворимой формы Cu, сорбированной формы Zn и подвижной формы Ni. Количество ТМ, закрепленных в минералах, во всех почвах больше, чем содержание подвижных и водорастворимых, это подтверждает высокие протекторные свойства почв. Подвижных фракций ТМ в 3–13 раз меньше, чем их валовых форм, водорастворимых – в 2–10 раз меньше, чем подвижных. Фракций, выделенных после термодесорбции, в 2–4 раза меньше валового содержания ТМ.

**Ключевые слова:** светло-каштановая и аллювиальная почва; валовая, подвижная, водорастворимая и сорбированная формы тяжелых металлов (ТМ); водная вытяжка; термодесорбция.

V. N. Zaikina, A. A. Okolelova, M. P. Korchagina

## METHODS OF TRANSFORMATION OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE AGGLOMERATION OF VOLGOGRAD-VOLZHISKY

### Abstract.

*Background.* The main reason of substantial flow of pollutants (heavy metals, etc.), entering the soil agglomeration of Volgograd-Volzhskiy is a huge amount of anthropogenic sources of environmental pollution (industrial plants, highways, gas stations, etc.). Therefore, scientific and practical interest is the monitoring of content of heavy metals (HM) of various forms in soils of various genesis in close proximity to sources of anthropogenic impact on ecosystems, required to develop efficient and environmentally friendly measures to reduce the “metal press”.

*Material and methods.* The samples are light brown and alluvial soils for analysis was carried out on the territory of Volzhsky of the Volgograd region (the gas station number 1 and number 3, the river port) in 2015–2017. In the samples was determined the concentration of gross, mobile, water-soluble and sorbate forms of heavy metals. The concentration of water soluble forms of TM were determined in water extracts from soils, and their sorbate forms in soil samples exposed to elevated temperature and pressure in an autoclave.

*Results and conclusions.* In work the comparative analysis of concentrations of gross, mobile, water-soluble and sorbate forms of heavy metals (Cu, Zn and Ni) and their percentage in relation to their gross forms. When analyzing the test data it is obvious that in soils dominated by zinc, less copper. In the soil of river port detected maximum concentrations of total forms of Cu and Ni and sorbing form of Ni and minimum concentrations of the gross forms of Zn, the mobile forms of Ni, sorbing forms of Cu and Zn. The number of TM enshrined in the minerals in all soils more than the maintenance of mobile and water-soluble. Motile fractions of HM in 3–13 times less than their total forms. Water-soluble fractions of HM 2–10 times less than moving. Fractions isolated after thermal desorption 2–4 times less than the total content of TM.

**Key words:** light-brown and alluvial soil; gross, mobile, water-soluble and sorbate forms of heavy metals (HM); water extraction; thermal desorption.

На почвенный покров городов оказывается сильнейшее антропогенное воздействие. Большие площади урбандшафтов запечатаны и экранированы асфальтовыми покрытиями, а их открытые участки неуклонно деградируют. При этом наблюдается ежегодное накопление поллютантов, доминирующими среди которых являются тяжелые металлы, обладающие явным канцерогенным действием [1].

Тяжелые металлы в почвах могут содержаться в водорастворимом, ионообменном и непрочно адсорбированном состоянии. В водорастворимую фракцию переходят свободные ионы металлов и их растворимые комплексы с неорганическими анионами или органическими лигандами различной прочности. Они, как правило, представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями, которые могут составлять до 99 % от общего их количества [2]. Обменная фракция представлена обменно-сорбируемыми соединениями ТМ, связанными с различными составляющими почвы: глинистыми минералами, гидроксидами Fe, Al, Mn, Sn, органическим

веществом. Во фракцию, связанную с Fe, Mn, входят металлы, образующие прочные поверхностные комплексы. К фракциям, связанным с органическим веществом, относятся металлы, образующие с ними прочные металлоорганические соединения. К адсорбированной фракции относят прочносвязанные ТМ, входящие в кристаллическую решетку первичных и вторичных минералов почвы и неспособные переходить в раствор в природных условиях. К ионообменной фракции относят часть микроэлементов в составе карбонатов, органических и аморфных веществ в виде гидроксидов Fe и Mn [3].

Цель работы – изучение особенностей закрепления тяжелых металлов в почвах агломерации, изменения их концентрации в почве под воздействием кислот (подвижная форма), дистиллированной воды (водорастворимая форма), повышенных температур и давления в ходе автоклавирования – термодесорбции (сорбированная форма).

### **Материалы и методы исследования**

Объекты исследования расположены на территории агломерации Волгоград-Волжский. Их можно разделить по типу почв: светло-каштановая песчаная почва: АЗС № 3 г. Волжского, автодорога № 7/13, в 300 м от сталеплавильного цеха ОАО «Волжский трубный завод»; светло-каштановая глинистая почва: АЗС № 1, г. Волжского, автодорога № 7/11, в 800 м от ОАО «Волжский трубный завод»; аллювиальная дерновая песчаная почва: Речпорт г. Волжского, в 3 км от Волжской ГЭС. Отбор проб и подготовку почв к анализу проводили по ГОСТу 17.4.3.01-83.

Анализ валового состава тяжелых металлов (Zn, Ni и Cu) в почвенных образцах проводили рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV» согласно ГОСТ 33850-2016, погрешность прибора – 0,5 %.

Также проводили анализ подвижных форм элементов: Zn, Ni, Cu методом атомно-абсорбционной спектрометрии по МУ ЦИНАО 1992 в лаборатории «Агрохимия» Волгограда, погрешность – 15–20 %.

**Сорбированные формы.** Процесс термической десорбции тяжелых металлов изучали при проведении автоклавирования в автоклаве MLS – 3020 U (SANVO, Япония) при 1,5 атм (122 °С) и прогревали в сушильном шкафу ШС-80-01 при 170 °С в течение 40 мин в соответствии с ГОСТ 9586-75 (ИУС 8-88) [4]. Валовые формы Zn, Ni и Cu после термодесорбции определили методом атомно-абсорбционной спектрометрии на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915» по МУ ЦИНАО 1992, погрешность – 15–20 %.

**Водорастворимые формы.** Водную вытяжку получали согласно ГОСТ 26423-85 [5]: 50 г воздушно-сухой почвы количественно переносили в колбу, добавляли 250 мл дистиллированной воды. Емкость энергично встряхивали 3 мин. По окончании взбалтывания всю суспензию почвы фильтровали. Содержание водорастворимых форм тяжелых металлов: Cu – на приборе «Спектрофотометр UNICO 2100» фотометрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:48-96 (изд. 2011 г.), погрешность – 20–30 %, Zn – на анализаторе жидкости «Флюорат-02-3М» флуориметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.183-2002 (изд. 2014 г.), погрешность – 20–30 %, Ni – на приборе «Спектрофотометр UNICO 2100», фотометрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.202-03 (изд. 2011 г.), погрешность – 20–30 %.

### Результаты и обсуждение

Ученые выделяют пять механизмов закрепления тяжелых металлов в комплексах почв: образование внешнесферных поверхностных и много-ядерных, внутрисферных изолированных, а также гомогенное осаждение и диффузия в решетку почвенного минерала [6–18].

Концентрации валовой, подвижной и водорастворимой и сорбированных форм ТМ в почвах агломерации Волгоград-Волжский представлены в табл. 1 и 2 и на рис. 1.

Таблица 1

Концентрация валовой, подвижной и водорастворимой форм ТМ в почвах агломерации Волгоград-Волжский, мг/кг

Объекты и тип почвы	Содержание ТМ, мг/кг								
	Валовая форма			Подвижная форма			Водорастворимая форма		
	Cu	Zn	Ni	Cu	Zn	Ni	Cu	Zn	Ni
ПДК	33	100	20	3	23	4	–	–	–
АЗС № 1, светло-каштановая глинистая почва	55,34	77,06	55,79	10,11	13,13	5,80	2,26	3,73	2,00
АЗС № 3, светло-каштановая песчаная почва	43,32	162,09	37,33	15,90	56,30	5,11	1,59	5,93	2,00
Речпорт, аллювиальная песчаная почва	64,13	73,77	65,12	7,04	7,80	5,10	2,08	3,70	2,00
Среднее	54,26	104,31	52,75	11,02	25,74	5,34	1,98	4,45	2,00

Таблица 2

Концентрация (мг/кг) валовых и сорбированных форм ТМ в почвах агломерации Волгоград-Волжский

Объект	Cu		Zn		Ni	
	валовая форма	сорбированная форма	валовая форма	сорбированная форма	валовая форма	сорбированная форма
ПДК	33		100		20	
АЗС № 1, светло-каштановая глинистая почва	55,34	28,40	77,06	77,06	55,79	29,60
АЗС № 3, светло-каштановая песчаная почва	43,32	20,40	162,09	75,80	37,33	25,60
Речпорт, аллювиальная песчаная почва	64,13	16,40	73,77	42,40	65,12	40,80
Среднее	54,26	21,73	104,31	65,09	52,75	32,00

**Примечание.** Сорбированная форма ТМ – валовая форма ТМ после термодесорбции.

Из анализа данных, представленных в табл. 1, видно, что превышение ПДК валовых и подвижных форм Cu (в 1,31–1,94 и 2,35–5,30 раза соответственно) и Ni (в 1,87–3,26 и 1,27–1,45 раза соответственно) выявлено в почвах всех исследуемых объектов, а валовой и подвижной форм Zn – только в светло-каштановой почве АЗС № 3 (в 1,62 и 2,45 раза соответственно).

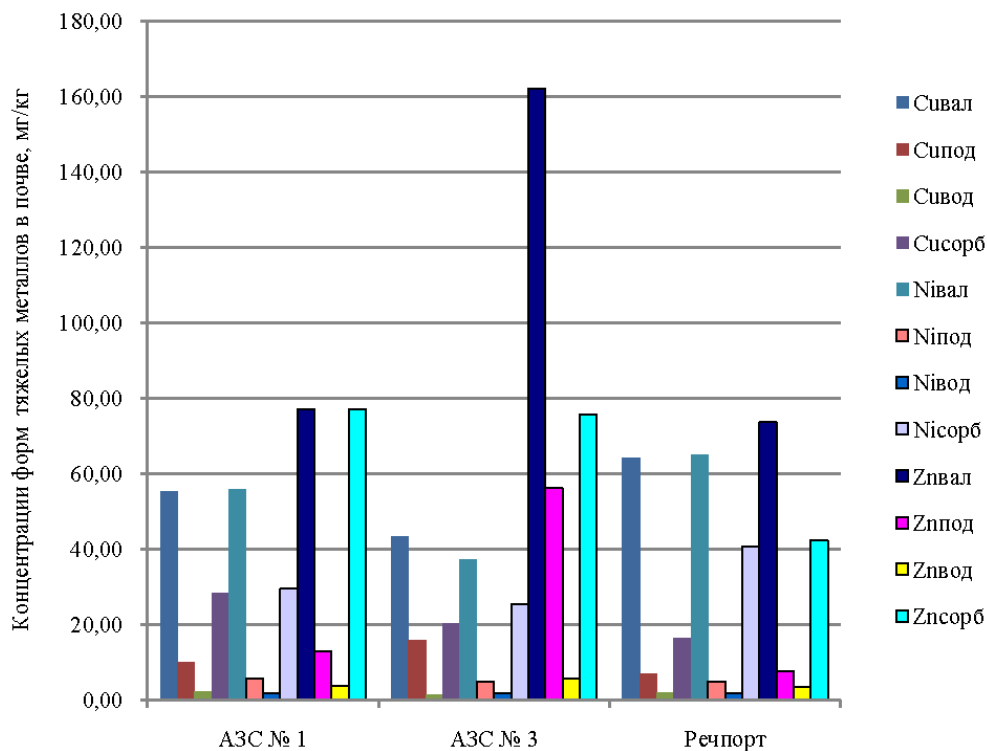


Рис. 1. Концентрации разных форм тяжелых металлов в светло-каштановых и аллювиальных почвах агломерации Волгоград-Волжский.

Обозначения: *вал, под, вод, сорб* – валовая, подвижная, водорастворимая и сорбированная формы тяжелого металла в почве

**Медь.** Максимальная концентрация ее валовой формы характерна для аллювиальной песчаной почвы Речпорта (64,13 мг/кг), минимальная – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (43,32 мг/кг). Наибольшая концентрация ее подвижной формы обнаружена в почве АЗС № 3 (15,90 мг/кг), наименьшая – в почве Речпорта (7,04 мг/кг). Водорастворимые формы преобладают в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (2,26 мг/кг), меньше всего их в почве АЗС № 3 (1,59 мг/кг).

**Цинк.** Наибольшая концентрация его валовой формы отмечена в почве АЗС № 3 (162,09 мг/кг), наименьшая – в почве Речпорта (73,77 мг/кг). Максимальное содержание его подвижной формы обнаружено в почве АЗС № 3 (56,30 мг/кг), минимальное – в почве Речпорта (7,80 мг/кг). Водорастворимых форм больше всего в почве АЗС № 3 (5,93 мг/кг), наименьшее их количество выявлено в почве Речпорта (3,70 мг/кг).

**Никель.** Этот тяжелый металл в большей степени сосредоточен в почве Речпорта (65,12 мг/кг), в меньшей – в почве АЗС № 3 (37,33 мг/кг),



подвижные формы – соответственно в почве АЗС № 1 и почве Речпорта. Содержание водорастворимых форм никеля в почвах всех объектов одинаково и равно 2 мг/кг, не зависит от типа почв, гранулометрического состава и общего накопления элемента.

В целом концентрации меди и цинка не превышают ПДК на всех проанализированных объектах. Исключение составляет только сорбированная форма Ni, концентрация которого превышает ПДК в 1,28–2,04 раза на всех объектах.

Закрепленная минералами фракция Cu превалирует в почве АЗС № 3 (20,40 мг/кг), несколько обеднена ими почва Речпорта (16,40 мг/кг). Концентрация меди после термодесорбции уменьшилась на 22,92–47,73 мг/кг.

Максимальное количество форм цинка, связанных в комплексы с минералами, обнаружено в почве АЗС № 1 (77,06 мг/кг), минимальное – в почве Речпорта (42,40 мг/кг). Концентрация цинка после термодесорбции ниже его валовой концентрации на 31,37 и 86,29 мг/кг для почвы Речпорта и АЗС № 3.

Наибольшее количество форм никеля, связанных в комплексы с минералами, выявлено в почве Речпорта (40,80 мг/кг), наименьшее – в почве АЗС № 3 (25,60 мг/кг). Концентрация никеля после термодесорбции ниже на 11,73–26,19 мг/кг.

Концентрация ТМ после термодесорбции практически вдвое меньше, чем у валовых форм. Предполагаем, что подвижные фракции (кислото- и водорастворимые) при заданных температуре и давлении испаряются, а в результате десорбции элементы высвобождаются из комплексов.

Процентное содержание валовой, подвижной и сорбированной форм ТМ по отношению к их валовой форме приведены в табл. 3 и на рис. 2.

Таблица 3

Процентное содержание подвижной, водорастворимой и сорбированной форм ТМ по отношению к их валовой форме

Объект	Подвижная форма			Водорастворимая форма			Сорбированная форма			Суммарный процент, %		
	Cu	Zn	Ni	Cu	Zn	Ni	Cu	Zn	Ni	Cu	Zn	Ni
АЗС № 1	18,27	17,04	10,40	4,08	4,84	3,58	51,32	100,00	53,06	73,67	121,88	67,04
АЗС № 3	36,70	34,73	13,69	3,67	3,66	5,36	47,09	46,76	68,58	87,47	85,16	87,62
Речпорт	10,98	10,57	7,83	3,24	5,02	3,07	25,57	57,48	62,65	39,79	73,06	73,56

**Примечание.** Сорбированная форма – валовая форма ТМ после термодесорбции, т.е. форма ТМ, закрепленная в минералах.

При анализе данных табл. 3 очевидно, что в почвах преобладает цинк, меньше всего меди. Также выявлена тенденция большего процентного содержания подвижных фракций всех ТМ. Например, водорастворимой фракции Ni и сорбированной фракции Ni – в почве АЗС № 3, водорастворимой фракции Cu, сорбированной фракции Cu и Zn – в почве АЗС № 1, водорастворимой фракции Zn – в почве Речпорта и меньшего процентного содержа-

ния подвижных фракций всех ТМ, водорастворимой фракции Cu и Ni и сорбированной фракции Cu в почве Речпорта, водорастворимых и сорбированных форм Zn – в почве АЗС № 3, сорбированной фракции Ni – в почве АЗС № 1.

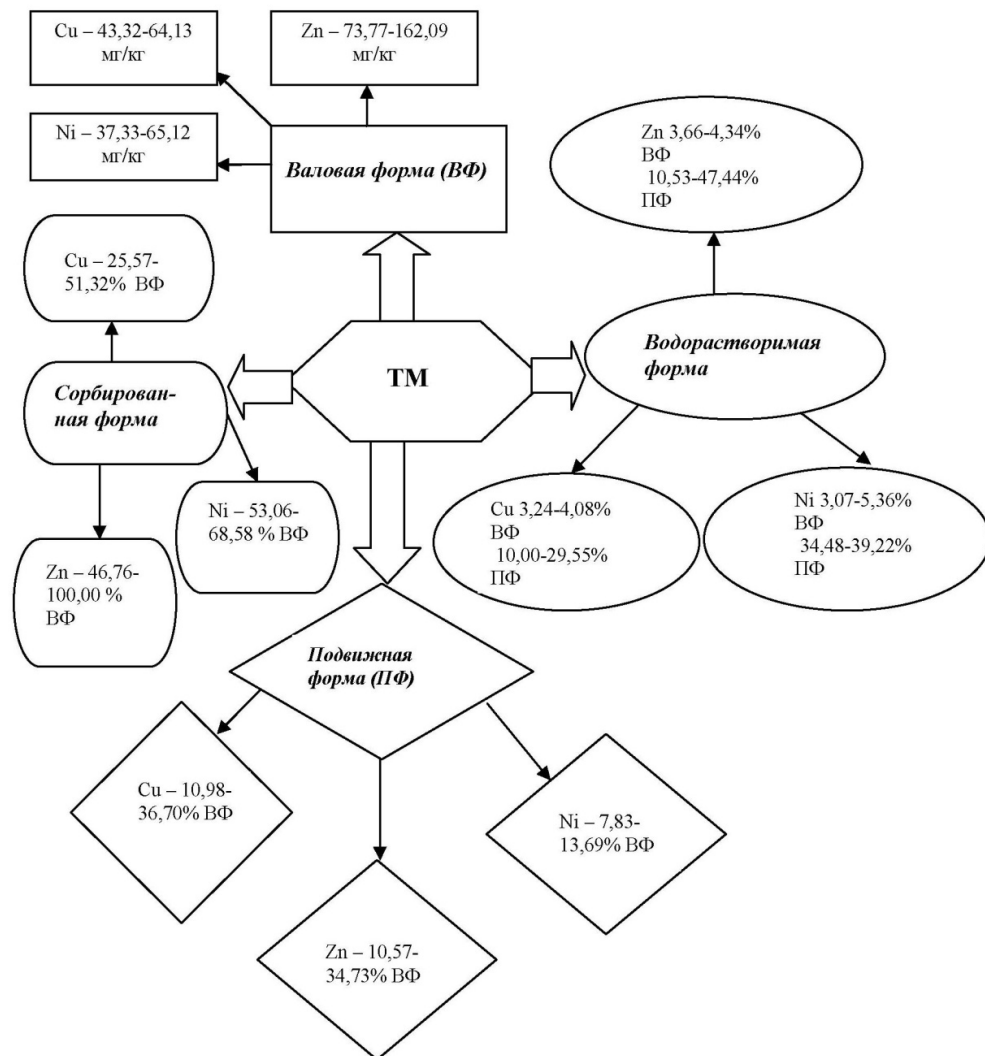


Рис. 2. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский

Количество ТМ, закрепленных в минералах, во всех почвах больше, чем содержание подвижных и водорастворимых их форм. Концентрации подвижных фракций ТМ в 3–13 раз меньше, чем у валовых форм. Водорастворимых фракций ТМ в 2–10 раз меньше, чем подвижных. Фракций, выделенных после термодесорбции в 2–4 раза меньше валового содержания ТМ. На АЗС № 1 сорбированных форм Cu в 1,95 раз меньше, чем валовой концентрации, Zn – столько же, сколько валовых, Ni – в 1,88 раза меньше. На АЗС № 3 сорбированных форм Cu – в 2,12 раза меньше их валовых форм, Zn –

в 2,14, Ni в 1,4. В почве Речпорта Cu сорбированных форм в 3,91 раза меньше, Zn – в 1,74, Ni – в 1,6. В целом концентрация форм ТМ, закрепленных минералами в почвах, в 2–4 раза меньше, чем показатели валового их содержания.

Накоплению тяжелых металлов способствуют органические вещества. Их высокая катионнообменная способность связана с наличием в органических соединениях функциональных групп. Тяжелые металлы вступают с органическими соединениями в реакции ионного обмена, комплексообразования, хемосорбции. В кислой и нейтральной средах в реакцию вступает водород карбоксильных групп, в щелочной – водород фенольных и спиртовых групп [19].

### Заключение

1. Превышение ПДК валовых и подвижных форм Cu и Ni выявлено в почвах всех исследуемых объектов. Концентрация сорбированной формы Ni превышает ПДК на всех объектах. В целом в исследуемых почвах по концентрации преобладает Zn, меньше всего по концентрации выявлено Cu.

2. Во всех исследованных почвах отмечается большее процентное содержание подвижных фракций всех исследованных ТМ. Концентрация ТМ после термодесорбции уменьшается почти вдвое по сравнению с показателями их валовых форм. Предполагаем, что подвижные фракция (кислото- и водорастворимые) при заданных температуре и давлении испаряются, а в результате десорбции элементы высвобождаются из комплексов.

3. Количество ТМ, закрепленных в минералах во всех почвах больше, чем содержание подвижных и водорастворимых фракций ТМ. В то же время концентрация подвижных фракций ТМ в 3–13 раз меньше, чем показатели их валовых форм, а водорастворимых фракций ТМ в 2–10 раз меньше, чем подвижных. Фракций, выделенных после термодесорбции, в 2–4 раза меньше по концентрации в сравнении с валовым содержанием ТМ.

### Библиографический список

1. **Неведров, Н. П.** Экологические аспекты пространственного распределения тяжелых металлов в городских почвах / Н. П. Неведров, Е. П. Проценко // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях : материалы VII Междунар. науч. конф. (памяти профессора Петина А. Н.) 24–26 октября 2017. – Белгород : Политерра, 2017. – С. 211–213.
2. **Вальков, В. Ф.** Почвоведение / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – М. ; Ростов н/Д : МарТ, 2006. – 496 с.
3. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / под ред. Д. С. Орлова, В. Д. Васильевской. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
4. ГОСТ 14106–80 Автоклавы вулканизационные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 1982. – 13 с.
5. ГОСТ 26423–85 Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М. : Стандартинформ, 2011. – 7 с.
6. **Пинский, Д. Л.** Ионнообменные процессы в почвах / Д. Л. Пинский. – Пушкино, 1997. – 166 с.
7. **Пинский, Д. Л.** Тяжелые металлы в окружающей среде / Д. Л. Пинский, В. Н. Орешкина // Экспериментальная экология. – М. : Наука, 1991. – С. 201–212.

8. **Brown, G. E.** Mineral surface and bioavailability of heavy metals: A molecular-scale perspective / G. E. Brown, A. L. Foster, J. D. Ostergren // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1999. – Vol. 96. – P. 3388–3395.
9. Otavite-calcine solid-solution formation at the calcite-water interface in situ by synchrotron X-ray scattering / R. P. Chiarello, N. C. Sturchio, J. D. Grace, P. Geissbuhler, L. B. Sorensen, L. Cheng, S. Xu // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1997. – Vol. 61. – P. 1467–1474.
10. Neof ormation of Ni phyllosilicate upon Ni uptake on montmorillonite. A kinetic study by powder and polarized EXAFS / R. Dahn, A. M. Scheidegger, A. Manceau, M. Schlegel, B. Baeyens, H. Bradbary, M. Morales // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 2002. – Vol. 66. – P. 2335–2347.
11. **Ford, R. G.** Frontiers in metal/precipitation mechanisms on soil mineral surfaces / R. G. Ford, A. C. Scheinost, D. L. Sparks // *Adv. Agron.* – 2001. – Vol. 74. – P. 41–62.
12. **Grelach, R.** Die Schwermetallverteilung in Stadtboden / R. Grelach, U. Radsch, M. Thonnessen // *Geogr. Rdsch.* – 1997. – № 10. – P. 556–561.
13. Molecular-scale speciation of Zn and Ni soil ferromanganese nodules from loess soils of the Mississippi Basin / A. Manceau, N. Tamura, R. S. Celestre, A. A. Macdowell, N. Geofroy, G. Sposito, H. A. Padmore // *Environ. Sci. Technol.* – 2003. – Vol. 37. – P. 75–80.
14. **McBride, M. B.** Reactions controlling heavy metal solubility in soils / M. B. McBride // *Adv. Soil Sci.* – 1989. – Vol. 10. – P. 1–47.
15. **Robin, D.** Metaux lourds dans la sol au voisinage d'une usine d'incineration. Bilan apres 10 annees de prelevement / D. Robin, M. Martin, W. Haerdi // *Arch. Sci.* – 1995. – Vol. 48, № 1. – P. 19–28.
16. **Scheckel, K. G.** Stability of layered Ni hydroxide surface precipitates – A dissolution kinetics study / K. G. Scheckel, A. C. Scheinost, R. G. Ford, D. L. Sparks // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 2000. – Vol. 64. – P. 2727–2735.
17. Sorption of metal ions on clay minerals. III. Nucleation and epitaxial growth of Zn phyllosilicate on the edges of hectorite / M. L. Schlegel, A. Manceau, L. Charlet, D. Chateigner, J. I. Hazemann // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 2001. – Vol. 65. – P. 4155–4170.
18. **Watson, E. B.** Surface enrichment and trace-element uptake during crystal growth precipitation of Co(II)(aq) on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / E. B. Watson // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1996. – Vol. 60. – P. 5013–5020.
19. Справочник по оценке почв / В. Ф. Вальков, Н. Н. Елисеева, И. И. Имгрунт, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-н/Д, 2004. – 236 с.

### **References**

1. Nevedrov N. P., Protsenko E. P. *Problemy prirodopol'zovaniya i ekologicheskaya situatsiya v Evropeyskoy Rossii i na sopredel'nykh territoriyakh: materialy VII Mezhdunar. nauch. konf. (pamyati professora Petina A. N.) 24–26 oktyabrya 2017* [Problems of environmental management and the environmental situation in European Russia and adjacent territories: proceedings of VII International scientific and practical conference (in memory of professor A. N. Petin) 24–26<sup>th</sup> of October 2017]. Belgorod: Politerra, 2017, pp. 211–213.
2. Val'kov V. F., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. *Pochvovedenie* [Soil science]. Moscow; Rostov-on-Don: MarT, 2006, 496 p.
3. *Pochvenno-ekologicheskii monitoring i okhrana pochv* [Soil-ecological monitoring and soil protection]. Eds. D. S. Orlov, V. D. Vasil'evskaya. Moscow: Izd-vo MGU, 1994, 272 p.
4. *GOST 14106–80 Avtoklavy vulkanizatsionnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [State Standart 14106–80 Autoclaves vulcanization. General technical conditions]. Moscow: Standartinform, 1982, 13 p.

5. GOST 26423–85 *Metody opredeleniya udel'noy elektricheskoy provodimosti, rN i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki* [State Standart 26423–85 Methods for determining the electrical conductivity, pH and dense residue of the aqueous extract]. Moscow: Standartinform, 2011, 7 p.
6. Pinskiy D. L. *Ionoobmennye protsessy v pochvakh* [Ion exchange processes in soils]. Pushchino, 1997, 166 p.
7. Pinskiy D. L., Oreshkina V. N. *Eksperimental'naya ekologiya* [Experimental ecology]. Moscow: Nauka, 1991, pp. 201–212.
8. Brown G. E., Foster A. L., Ostergren J. D. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1999, vol. 96, pp. 3388–3395.
9. Chiarello R. P., Sturchio N. C., Grace J. D., Geissbuhler P., Sorensen L. B., Cheng L., Xu S. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1997, vol. 61, pp. 1467–1474.
10. Dahn R., Scheidegger A. M., Manceau A., Schlegel M., Baeyens B., Bradbary H., Morales M. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2002, vol. 66, pp. 2335–2347.
11. Ford R. G., Scheinost A. C., Sparks D. L. *Adv. Agron.* 2001, vol. 74, pp. 41–62.
12. Grelach R., Radtse U., Thonnessen M. *Geogr. Rdsch.* 1997, no. 10, pp. 556–561.
13. Manceau A., Tamura N., Celestre R. S., Macdowell A. A., Geoffroy N., Sposito G., Padmore H. A. *Environ. Sci. Technol.* 2003, vol. 37, pp. 75–80.
14. McBride M. B. *Adv. Soil Sci.* 1989, vol. 10, pp. 1–47.
15. Robin D., Martin M., Haerdi W. *Arch. Sci.* 1995, vol. 48, no. 1, pp. 19–28.
16. Scheckel K. G., Scheinost A. C., Ford R. G., Sparks D. L. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2000, vol. 64, pp. 2727–2735.
17. Schlegel M. L., Manceau A., Charlet L., Chateigner D., Hazemann J. I. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2001, vol. 65, pp. 4155–4170.
18. Watson E. B. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1996, vol. 60, pp. 5013–5020.
19. Val'kov V. F., Eliseeva N. N., Imgrunt I. I., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. *Spravochnik po otsenke pochv* [Soil assessment handbook]. Rostov-on-Don, 2004, 236 p.

**Zaikina Veronika Nikolaevna**

аспирант, Волгоградский  
государственный технический  
университет (Россия, г. Волгоград,  
проспект Ленина, 28)

E-mail: veronikazaikina@mail.ru

**Zaikina Veronika Nikolaevna**

Postgraduate student, Volgograd State  
Technical University (28 Lenin avenue,  
Volgograd, Russia)

**Okolelova Alla Aronovna**

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра промышленной экологии  
и безопасности жизнедеятельности,  
Волгоградский государственный  
технический университет (Россия,  
г. Волгоград, проспект Ленина, 28)

E-mail: allaokol@mail.ru

**Okolelova Alla Aronovna**

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of industrial ecology  
and safety, Volgograd State Technical  
University (28 Lenin avenue, Volgograd,  
Russia)

**Korchagina Mariya Pavlovna**

магистрант, Волгоградский  
государственный технический  
университет (Россия, г. Волгоград,  
проспект Ленина, 28)

E-mail: maria.korchagina96@gmail.com

**Korchagina Mariya Pavlovna**

Master's degree student, Volgograd State  
Technical University (28 Lenin avenue,  
Volgograd, Russia)

УДК 631.4

**Заикина, В. Н.**

**Способы трансформации тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский** / В. Н. Заикина, А. А. Околелова, М. П. Корчагина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 52–62. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-5.

## ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТОФАУНЫ НА ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИИ ПЛОТВЫ АРГАЗИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Различные экологические группы паразитов определяют особенности функционального развития рыб. Изучены паразитологические, физиологические и гематологические характеристики плотвы в полупрозрачном водоеме – Аргазинском водохранилище Челябинской области.

*Материалы и методы.* Объектом исследования являлся массовый вид – плотва, которая изучалась на различных биотопах Аргазинского водохранилища. Изучались состав эктопаразитов, гельминты, гематологические характеристики и особенности развития по таким показателям, как рост, упитанность и плодовитость.

*Результаты.* Доминантами являлись простейшие эктопаразиты: *Myxidium rhodei*, *Mухоболus muelleri*, *Trichodina reticulate*, *Trichodina nigra*. Внутримышечные и внутриполостные гельминты встречаются эпизодически за исключением диплостомоза, который способствует биотопической дифференцировке, что проявляется в концентрации рыб с данным паразитом в предплотинном участке водохранилища. Обнаружен опасный для человека гельминт – описторхоз, который редко встречается в верховьях Обь-Иртышского бассейна. Данный гельминт в последние годы отмечен во многих водохранилищах каскада на реке Миасс. Наличие простейших эктопаразитов не оказывает влияния на такие характеристики развития, как рост, плодовитость, упитанность. Гельминты, наоборот, тормозят развитие рыб. Выявлены статистические связи между увеличением плотности эктопаразитов и концентрацией отдельных клеток крови плотвы. С ростом плотности простейших эктопаразитов увеличивается концентрация эритроцитов и лимфоцитов в крови плотвы. Таким образом, простейшие эктопаразиты могут являться индикаторами состояния иммунной системы рыб.

*Выводы.* Паразитофауна плотвы Аргазинского водохранилища является типичной для вида и включает описторхоз. Наличие простейших эктопаразитов не оказывает влияния на такие характеристики развития, как рост, плодовитость, упитанность. Гельминты, наоборот, тормозят развитие рыб. С ростом плотности простейших эктопаразитов увеличивается доля эритроцитов и лимфоцитов в крови.

**Ключевые слова:** паразитофауна, эктопаразиты, описторхоз, гельминты, гематология, плотва.

## INFLUENCE OF PARASITOPHOUNA ON THE FEATURES OF DENSITY PHYSIOLOGY OF THE ARGAZA WATER RESERVOIR

### Abstract.

*Background.* Various ecological groups of parasites determine the features of functional development of fish. Studied parasitological, physiological and hematological characteristics of roach in payprotocol pond – Argazinskoe reservoir in the Chelyabinsk region.

*Materials and methods.* The object of the study was the mass species – roach, which has been studied at different habitats of the Argazinskoe reservoir. The composition of ectoparasites, helminths, hematological characteristics and features of development on such indicators as growth, fatness and fertility were studied.

*Results.* Dominants were protozoa ectoparasites: *Myxidium rhodei*, *Myxobolus muelleri*, *Trichodina reticulate*, *Trichodina nigra*. Intramuscular and intracavitary helminths occur occasionally with the exception of diplostomiasis, which contribute to biotopic differentiation, which is manifested in the concentration of fish with this parasite in the pre-dam area of the reservoir. Found dangerous for humans helminth opisthorchiasis, which is rarely found in the upper Ob-Irtysh basin. This helminth in recent years has been observed in many reservoirs of the cascade on the Miass river. The presence of the simplest ectoparasites does not affect such characteristics of development as growth, fertility, fatness. On the contrary helminths inhibit the development of fish. The identified statistical relationship between the increase in the density of ectoparasites and concentration of individual red blood cells roach. With increasing density of the simplest ectoparasites increases the concentration of red blood cells and lymphocytes in the blood of roach. Thus, the simplest ectoparasites can be indicators of the immune system of fish.

*Conclusions.* Parasitic fauna of roach Argazinskoe reservoir is typical for the species and includes and includes opisthorchiasis. The presence of the simplest ectoparasites does not affect such characteristics of development as growth, fertility, fatness. On the contrary helminths inhibit the development of fish. With increasing density of the simplest ectoparasites increases the proportion of red blood cells and lymphocytes in the blood.

**Key words:** parasitofauna, ectoparasites, opisthorchiasis, helminths, nematology, roach.

### Введение

Массовые виды рыб внутренних водоемов характеризуются богатой паразитофауной, в составе которой эктопаразиты могут являться индикаторами физиологического состояния рыб и экологического состояния конкретного водоема. В свою очередь среди эндопаразитов имеются виды опасные для человека. Изучению паразитофауны рыб и связи показателей численности различных паразитов с гематологическими показателями посвящено небольшое количество работ [1, 2]. Плотва обыкновенная является одним из самых массовых видов лимнических и лотических экосистем внутренних водоемов России. Кроме того, данный вид является одним из постоянных носителей описторхоза. Целью нашей работы было изучение состава паразитофауны плотвы полупроточного водоема – Аргазинского водохранилища



в связи с обнаружением там опасного для человека гельминта – описторхоза и анализ особенностей доминирования различных видов паразитов с гематологическими характеристиками плотвы.

### Материалы и методика

Сбор материала проводили в 2017–2018 гг. на Аргазинском водохранилище Челябинской области, расположенном на реке Миасс. У свежеотловленных экземпляров брали необходимый для дальнейших исследований биологический материал. Рост и возраст рыб определяли по чешуе согласно руководству И. Ф. Правдина [3]. Для этого на чешуе с использованием микроскопа МБС-10 подсчитывали число годовых колец. Радиусы колец измеряли с помощью мерной шкалы микроскопа. Также изучали плодовитость и определяли упитанность рыб по Фультону [3] (ссылка). Паразитофауну рыб изучали по руководству И. Е. Быховской-Павловской [4]. Изучение крови рыб производили согласно методики В. И. Лукьяненко [5] и при использовании атласа О. Н. Давыдова, Ю. Д. Темниханова, Л. Я. Куровской [6]. Для статистической оценки связи численности отдельных видов паразитов и концентраций клеток крови использовали коэффициент непараметрической корреляции Спирмена [7]. Расчеты и графические построения выполнены в пакете KyPlot (version 2.0 beta 15) [8].

### Результаты и обсуждение

На чешуе, жабрах, плавниках плотвы обнаружены следующие паразитические виды: *Muxidium rhodei*, *Muxobolus muelleri*, *Dactylogyrus crucifer*, *Trichodina reticulata* и *Trichodina nigra*. Видовой состав паразитов, обнаруженных у плотвы Аргазинского водохранилища за два года исследований, представлен в табл. 1. Наибольшей численностью характеризовался *Muxidium rhodei*, имея показатели 123–245 экземпляров и в среднем составляя  $195 \pm 46$  экземпляров на одну особь. Численность *Muxobolus muelleri* составила от 13 до 43 экземпляров в среднем, имея показатель  $27,2 \pm 13,1$  экземпляра. Численность *Trichodina reticulata* также колебалась в пределах нескольких десятков, в среднем составляя  $27,5 \pm 13,1$  экземпляра. Паразит *Trichodina nigra* встречался на поверхности тела и плавниках плотвы единично и только у 10 % особей проанализированной выборки рыбы. Численность распространенного у плотвы почти на всем ее ареале паразита *Diplostomum sp.* варьировала от 3 до 15 экземпляров (в среднем –  $8,3 \pm 4,3$ ) на один экземпляр плотвы. У четырех особей плотвы был выявлен *Ligula intestinalis*. В 2016–2017 гг. по данным Челябинской межобластной ветеринарной станции в Аргазинском водохранилище был обнаружен *Opisthorchis felineus*. Число метацеркариев составляло десятки экземпляров на особь. Это достаточно высокие показатели для рыб Обь-Иртышского бассейна [9, 10]. Данный паразит также был обнаружен в Шершневском водохранилище, в которое поступает вода по реке Миасс из Аргазинского водохранилища. Следует отметить, что плотва в Челябинской области наряду с лещом является основным носителем *Opisthorchis felineus*. В целом состав паразитов плотвы Аргазинского водохранилища является характерным как для этого вида в целом по ареалу [11], так и для

водоемов Западно-Сибирской равнины в пределах Обь-Иртышского бассейна [9, 12]. Хорошо известно, что при загрязнении водоемов тяжелыми металлами значительно обедняется состав гидробионтов. При этом в основном исчезают гельминты со сложным жизненным циклом (цестоды, трематоды, скребни) и сохраняются из них только простейшие формы [13]. Аргазинское водохранилище испытывает значительную антропогенную нагрузку в виде эмиссии тяжелых металлов [14], однако детального исследования паразитофауны рыб Аргазинского водохранилища ранее не производили.

Таблица 1

Паразитофауна плотвы Аргазинского водохранилища

Паразит	2017 г.	2018 г.
<i>Myxidium rhodei</i>	+	+
<i>Myxobolus muelleri</i>	+	+
<i>Trichodina reticulate</i>	+	–
<i>Trichodina nigra</i>	–	+
<i>Dactylogyrus crucifer</i>	+	–
<i>Diplostomum sp.</i>	+	+
<i>Ligula intestinalis</i>	+	–
<i>Opisthorchis felineus</i>	+	–

В ходе анализа была выявлена статистически достоверная связь численности паразита *Myxobolus muelleri* и упитанности плотвы. Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) в 2017 г. составил ( $R_S = 0,9549$ ) ( $p = 0,0193$ ), а в 2018 г. ( $R_S = 0,9642$ ) ( $p = 0,0181$ ) (рис. 1). Также в ходе анализа была выявлена статистически достоверная связь численности паразита *Diplostomum sp.* и упитанности плотвы. Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) в 2017 г. составил ( $R_S = 1$ ) ( $p = 0,0143$ ), а в 2018 г. ( $R_S = 0,991$ ) ( $p = 0,0152$ ) (рис. 1).

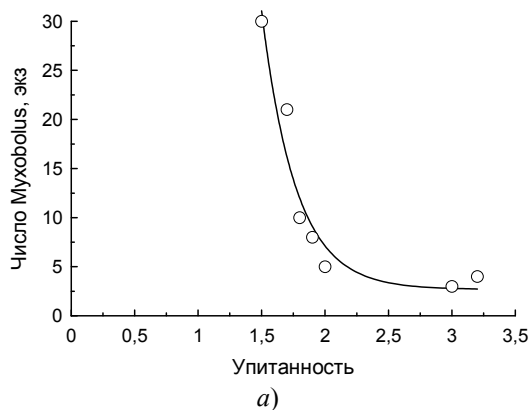


Рис. 1. Зависимость упитанности плотвы в Аргазинском водохранилище от зараженности паразитами: а – *Myxobolus muelleri*, 2017 г.; б – *Myxobolus muelleri*, 2018 г.; в – *Diplostomum sp.*, 2017 г.; г – *Diplostomum sp.*, 2018 г. (начало)

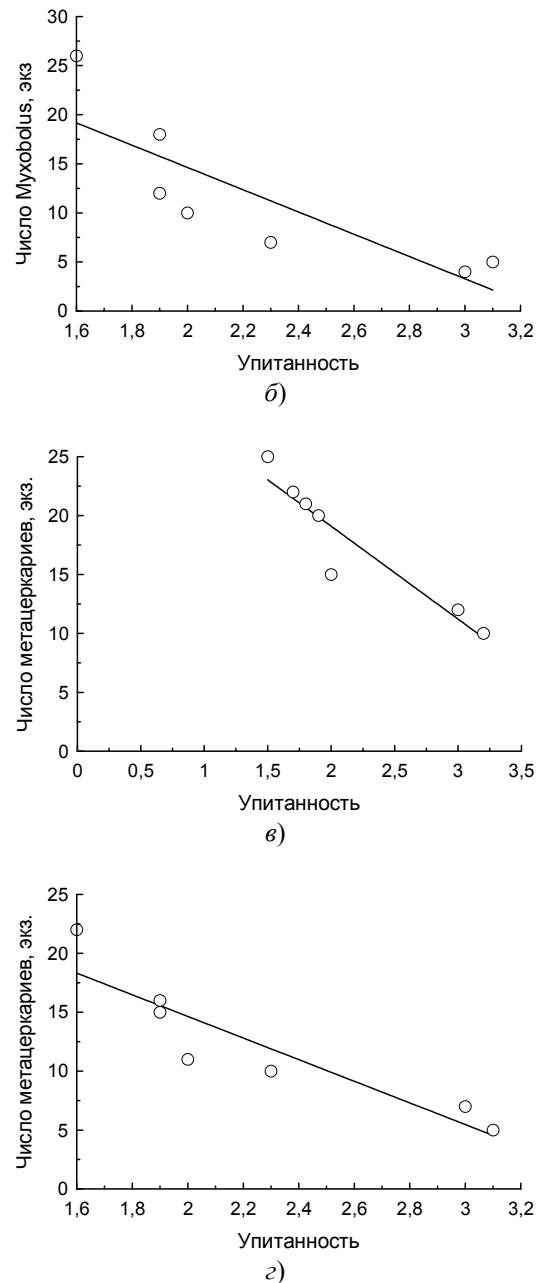


Рис. 1. Зависимость упитанности плотвы в Аргазинском водохранилище от зараженности паразитами: а – *Mухоболus muelleri*, 2017 г.; б – *Mухоболus muelleri*, 2018 г.; в – *Diplostomum sp.*, 2017 г.; г – *Diplostomum sp.*, 2018 г. (окончание)

На снижение плодовитости в большей мере оказывают влияние внутримышечные (описторхоз) и внутриполостные (лигулез) паразиты. Так, у плотвы, зараженной *Ligula intestinalis*, гонады практически не развивались. Некоторыми исследователями ранее было установлено, что у зараженных диплостомозом рыб, напротив, отмечается более интенсивный рост, который при мышечных паразитах снижается [2]. Наибольшая интенсивность заражения

*Diplostomum sp.* наблюдалась в предплотинном участке, что, вероятно, обусловлено скатом особей с ослабленным зрением. Некоторыми исследователями [15] производились попытки выявить способность отдельных паразитов влиять на микроэволюцию популяций рыб. Так, согласно исследованиям В. Н. Михеева с соавторами [15], степень зараженности влияет на формирование локальных группировок плотвы, что обусловлено миграцией рыб на нерест в биотопы с невысокой зараженностью. По нашим данным, заражение плотвы *Diplostomum sp.* сказывается на снижении плодовитости. В ходе анализа была выявлена статистически достоверная связь между увеличением числа метацеркариев *Diplostomum sp.* и снижением плодовитости отдельной особи (рис. 2). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S = 0,8928$ ) ( $p = 0,0287$ ). Аналогичная закономерность была выявлена для *Opisthorchis felineus* (см. рис. 2). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S = 1$ ) ( $p = 0,0143$ ). Зараженность *Opisthorchis felineus* также снижала показатели роста плотвы (рис. 3). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S = 0,9642$ ) ( $p = 0,0181$ ). Статистической связи с количеством простейших эктопаразитов и плодовитостью выявить не удалось, в связи с чем можно констатировать, что эктопаразиты не оказывают существенного влияния на репродуктивную функцию.

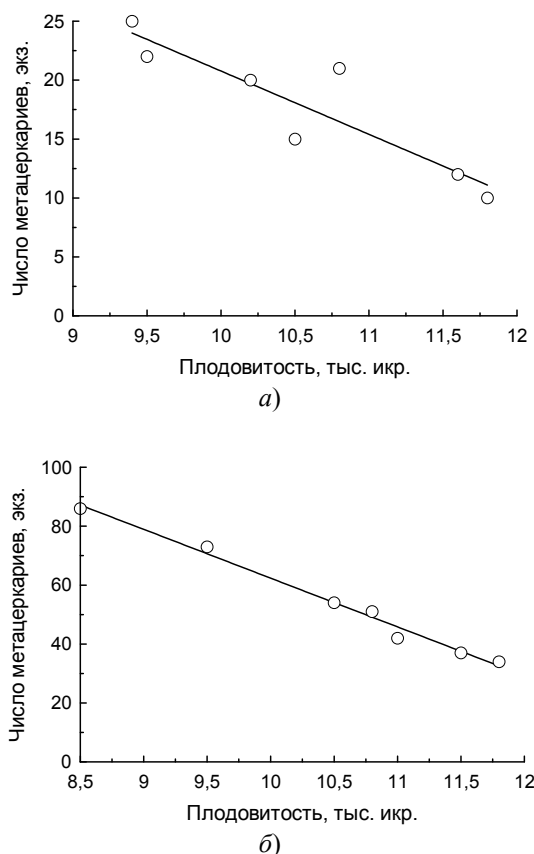


Рис. 2. Зависимость плодовитости плотвы Аргазинского водохранилища от числа метацеркариев *Diplostomum sp.* (а) и *Opisthorchis felineus* (б)

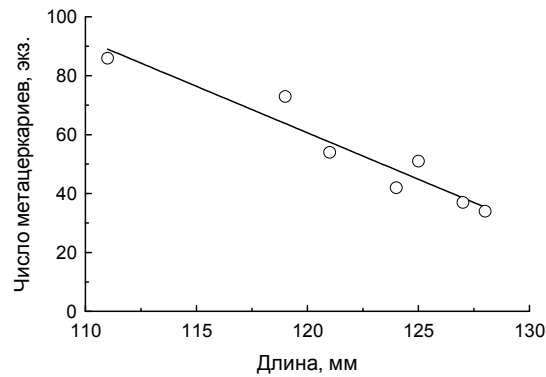


Рис. 3. Зависимость длины плотвы возрастом 2+ от числа метацеркариев *Opisthorchis felineus*

Выявлена связь численности различных эктопаразитов у отдельных особей с плотностью отдельных клеток крови. Так, концентрация эритроцитов увеличивалась с ростом численности *Mухobolus muelleri*, *Trichodina reticulate* и *Мухidium rhodei* на теле рыбы (рис. 4). В ходе анализа была выявлена статистически достоверная связь между увеличением концентрации эритроцитов и увеличением численности *Mухobolus muelleri* на поверхности тела рыб (см. рис. 4). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) составил ( $R_S = 0,9393$ ) ( $p = 0,0048$ ). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) для *Trichodina reticulate* составил ( $R_S = 0,903$ ) ( $p = 0,0067$ ). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) для *Мухidium rhodei* составил ( $R_S = 0,9878$ ) ( $p = 0,003$ ).

В ходе анализа была выявлена статистически достоверная связь между увеличением концентрации лимфоцитов и увеличением численности *Trichodina reticulate* на поверхности тела рыб (рис. 5). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) составил ( $R_S = 0,9636$ ) ( $p = 0,0038$ ). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) для *Mухobolus muelleri* составил ( $R_S = 0,95$ ) ( $p = 0,0072$ ). Коэффициент корреляции Спирмена ( $R_S$ ) для *Мухidium rhodei* составил ( $R_S = 0,9515$ ) ( $p = 0,0043$ ). Таким образом, при увеличении доли простейших эктопаразитов срабатывает адаптивный иммунитет в виде увеличения доли лимфоцитов [16, 17].

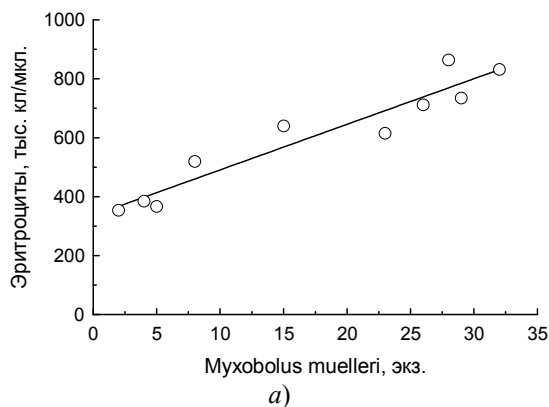


Рис. 4. Связь численности эктопаразитов с числом эритроцитов крови плотвы Аргазинского водохранилища: а – *Mухobolus muelleri*; б – *Trichodina reticulate*; в – *Мухidium rhodei* (начало)

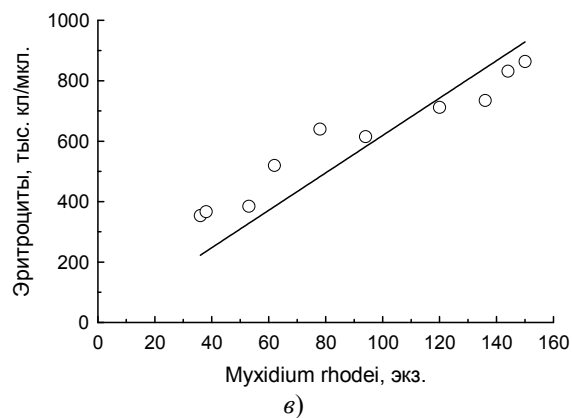
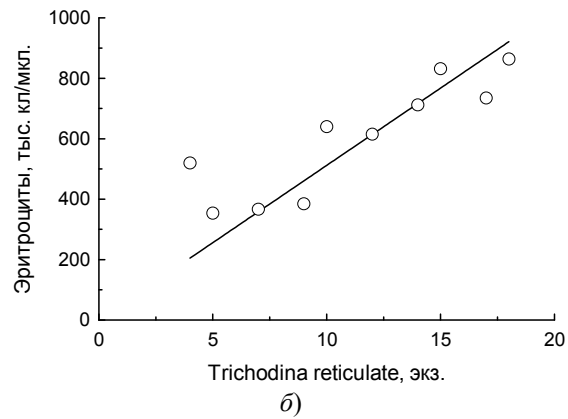


Рис. 4. Связь численности эктопаразитов с числом эритроцитов крови плотвы Аргазинского водохранилища:  
а – *Muxobolus muelleri*; б – *Trichodina reticulata*;  
в – *Muxidium rhodei* (окончание)

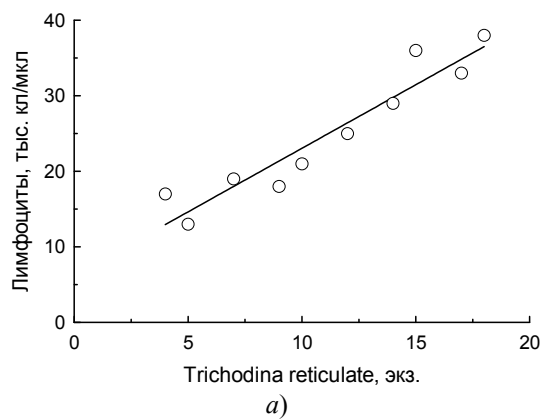


Рис. 5. Связь численности эктопаразитов с числом лимфоцитов крови плотвы Аргазинского водохранилища:  
а – *Trichodina reticulata*; б – *Muxobolus muelleri*;  
в – *Muxidium rhodei* (начало)

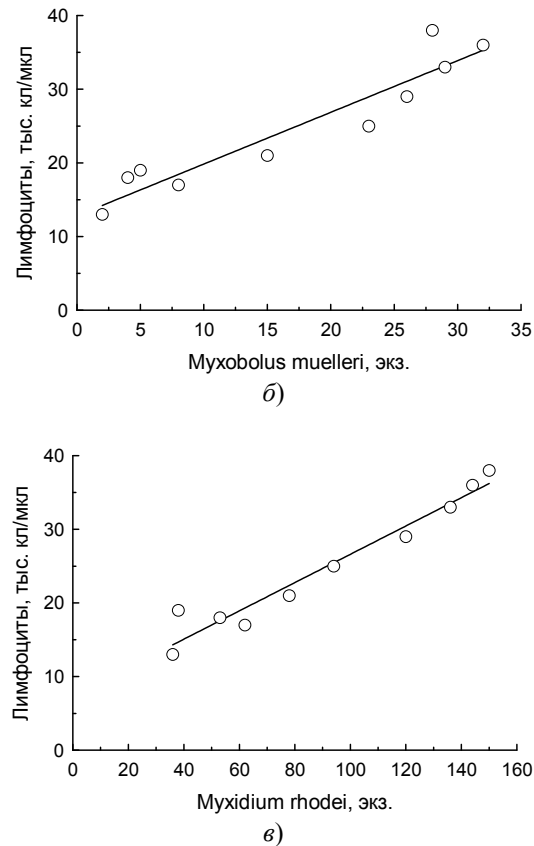


Рис. 5. Связь численности эктопаразитов с числом лимфоцитов крови плотвы Аргазинского водохранилища: *а* – *Trichodina reticulata*; *б* – *Muxobolus muelleri*; *в* – *Muxidium rhodei* (окончание)

### Заключение

Таким образом, паразитофауна плотвы Аргазинского водохранилища является типичной для вида и включает описторхоз [11, 12]. Описторхоз, обнаруженный у плотвы в каскаде водохранилищ реки Миасс, является редким видом для верховий Обь-Иртышского бассейна, однако его присутствие в водоеме закономерно, так как ранее он наблюдался в нижележащем по каскаду Шершневом водохранилище. Данный гельминт в последние годы отмечен во многих водохранилищах каскада на реке Миасс. Наличие простейших эктопаразитов не оказывает влияния на такие характеристики развития, как рост, плодовитость, упитанность. Гельминты, наоборот, тормозят развитие рыб. Кроме того, внутриполостные паразиты, такие как *Diplostomum sp.*, способствуют биотопической дифференцировке, что проявляется в концентрации рыб с данным паразитом в предплотинном участке водохранилища. В свою очередь доля эритроцитов и лимфоцитов увеличивается с ростом плотности простейших эктопаразитов. По всей видимости увеличение плотности эктопаразитов является следствием избытка метаболитов, выделяемых с поверхности тела рыб. Одновременное увеличение концентрации клеток крови свидетельствует также об активизации иммунной системы рыб.

*Благодарности.* Автор выражает благодарность сотрудникам ФГБУ «Челябинской межобластной ветеринарной лаборатории» за гельминтологический анализ плотвы.

**Библиографический список**

1. **Мазур, О. Е.** Показатели крови и иммунной системы *Rutilus rutilus lacustris* (Cypriniformes: Cyprinidae) при инвазии плероцеркариями *Ligula intestinalis* (Pseudophyllidea: Ligulidae) / О. Е. Мазур, Н. М. Пронин // Вопросы ихтиологии. – 2006. – Т. 46, № 3. – С. 393–397.
2. **Извекова, Г. И.** Влияние зараженности метацеркариями и некоторые физиолого-биохимические показатели сеголетков плотвы / Г. И. Извекова, А. Е. Жохов // Биология внутренних вод. – 2016. – № 1. – С. 91–96.
3. **Правдин, И. Ф.** Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин ; под ред. П. А. Дрягина, В. В. Покровского. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 396 с.
4. **Быховская-Павловская, И. Е.** Паразиты рыб: руководство по изучению / И. Е. Быховская-Павловская. – Л. : Наука, 1985. – 123 с.
5. **Лукьяненко, В. И.** Иммунология рыб. Врожденный иммунитет / В. И. Лукьяненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1989. – 270 с.
6. **Давыдов, О. Н.** Патология крови рыб / О. Н. Давыдов, Ю. Д. Темниханов, Л. Я. Куровская. – Киев : Инкос, 2005. – 212 с.
7. **Sokal, R. R.** Biometry: the principles and practice of statistics in biological research / R. R. Sokal, F. J. Rohlf. – New York : Freeman & Co, 1995. – 850 p.
8. **Yoshioka, K.** KyPlot – a user-oriented tool for statistical data analysis and visualization / K. Yoshioka // Computational Statistics. – 2002. – Vol. 17, № 3. – P. 425–437.
9. **Соусь, С. М.** Паразиты рыб Новосибирской области : в 2 т. / С. М. Соусь, А. А. Ростовцев. – Тюмень : Госрыбцентр, 2006. – Т. 2. Описаторхоз, меторхоз, дифиллоботриоз. – 166 с.
10. **Волосников, Г. И.** Анализ некоторых морфометрических и биологических показателей плотвы RUTILUS RUTILUS (LINNAEUS, 1758) / Г. И. Волосников, Е. Л. Либерман // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 27–34.
11. Определитель паразитов пресноводных рыб СССР / под ред. О. Н. Бауера. – Л. : Наука, 1984. – Т. 1. – 332 с.; 1985. – Т. 2. – 425 с.; 1987. – Т. 3. – 584 с.
12. **Кашковский, В. В.** Болезни и паразиты рыб рыбоводных хозяйств Сибири и Урала / В. В. Кашковский, Д. А. Размашкин, Э. Г. Скрипченко. – Свердловск : Средне-Уральское книжное изд-во, 1974. – 160 с.
13. Паразиты плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) в условиях техногенной трансформации водоема / Е. П. Иешко, Д. И. Лебедева, Л. В. Аникиева, Н. В. Илмаст, Г. А. Яковлева // Паразитология. – 2015. – Т. 49, № 5. – С. 352–364.
14. **Давыдова, Н. А.** Влияние Карабашского медеплавильного комбината на содержание металлов в рыбе Аргазинского водохранилища / Н. А. Давыдова, Д. Ю. Нохрин, Г. Ю. Грибовский // Вода: химия и экология. – 2012. – № 10. – С. 114–118.
15. **Михеев, В. Н.** Может ли риск заражения паразитами служить причиной экологической дифференциации в популяции плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae)? / В. Н. Михеев, А. Е. Жохов, В. М. Сливко // Вопросы ихтиологии. – 2013. – Т. 53, № 5. – С. 613–620.
16. **Яхненко, В. М.** Особенности состава и структуры клеток крови рыб пелагиали и прибрежья озера Байкал / В. М. Яхненко, И. В. Клименков // Известия РАН. Сер. биологическая. – 2009. – № 1. – С. 46–54.
17. **Бастанов, Р. И.** Морфологическая характеристика и особенности биологии плотвы различных биотопов Аргазинского водохранилища (Челябинская область) /



Р. И. Бастанов, М. А. Дерхо // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т. 4 (70), № 1. – С. 5–14.

### References

1. Mazur O. E., Pronin N. M. *Voprosy ikhtiologii* [Ichthyology issues]. 2006, vol. 46, no. 3, pp. 393–397.
2. Izvekova G. I., Zhokhov A. E. *Biologiya vnutrennikh vod* [Biology of inland waters]. 2016, no. 1, pp. 91–96.
3. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Fish study guide]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1966, 396 p.
4. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb: rukovodstvo po izucheniyu* [Fish parasites: study guide]. Leningrad: Nauka, 1985, 123 p.
5. Luk'yanenko V. I. *Immunologiya ryb. Vrozhdenyy immunitet* [Fish immunology. Innate immunity]. 2nd ed., rev. and updated. Moscow: Agropromizdat, 1989, 270 p.
6. Davydov O. N., Temnikhanov Yu. D., Kurovskaya L. Ya. *Patologiya krovi ryb* [Fish blood pathology]. Kiev: Inkos, 2005, 212 p.
7. Sokal R. R., Rohlf F. J. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. New York: Freeman & Co, 1995, 850 p.
8. Yoshioka K. *Computational Statistics*. 2002, vol. 17, no. 3, pp. 425–437.
9. Sous' S. M., Rostovtsev A. A. *Parazity ryb Novosibirskoy oblasti: v 2 t.* [Parasites of fish of the Novosibirsk region: in 2 volumes]. Tyumen: Gosrybtsentr, 2006, T. 2, 166 p.
10. Volosnikov G. I., Liberman E. L. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoe khozyaystvo* [Bulletin of Astrakhan State Technical University: Fish industry]. 2018, no. 1, pp. 27–34.
11. *Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb SSSR* [Parasites determinant of freshwater fish in the USSR]. Ed. by O. N. Bauer. Leningrad: Nauka, 1984, vol. 1, 332 p.; 1985, vol. 2, 425 p.; 1987, vol. 3, 584 p.
12. Kashkovskiy V. V., Razmashkin D. A., Skripchenko E. G. *Bolezni i parazity ryb rybovodnykh khozyaystv Sibiri i Urala* [Diseases and parasites of fish from fish farms in Siberia and the Urals]. Sverdlovsk: Sredne-Ural'skoe knizhnoe izd-vo, 1974, 160 p.
13. Ieshko E. P., Lebedeva D. I., Anikieva L. V., Ilmast N. V., Yakovleva G. A. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2015, vol. 49, no. 5, pp. 352–364.
14. Davydova N. A., Nokhrin D. Yu., Gribovskiy G. Yu. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. 2012, no. 10, pp. 114–118.
15. Mikheev V. N., Zhokhov A. E., Slivko V. M. *Voprosy ikhtiologii* [Ichthyology issues]. 2013, vol. 53, no. 5, pp. 613–620.
16. Yakhnenko V. M., Klimenkov I. V. *Izvestiya RAN. Ser. Biologicheskaya* [Proceedings of the RAS. Ser. Biological]. 2009, no. 1, pp. 46–54.
17. Bastanov R. I., Derkho M. A. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* [Proceedings of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry]. 2018, vol. 4 (70), no. 1, pp. 5–14.

---

#### **Бастанов Расим Ильсурович**

аспирант, Южно-Уральский  
государственный аграрный университет  
(Россия, Челябинская область, г. Троицк,  
ул. Гагарина, 13)

#### **Bastanov Rasim Il'surovich**

Postgraduate student, South Ural State  
Agrarian University (13 Gagarina street,  
Troitsk, Chelyabinsk region, Russia)

E-mail: rasim-bastanov@mail.ru

УДК 574.58

**Бастанов, Р. И.**

**Влияние паразитофауны на особенности физиологии плотвы Аргазинского водохранилища / Р. И. Бастанов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 63–74. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-6.**

УДК 574.3

DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-7

Н. А. Леонова, Ю. А. Тимофеева, В. Ю. Ильин

## ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА *FRAXINUS EXCELSIOR* L. НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА

### Аннотация.

**Актуальность и цели.** Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.) – это ценное древесное растение, имеющее большое хозяйственное значение. На территории Пензенской области этот вид входит в состав широколиственных лесов, однако присутствует в них не всегда. Цель работы – проанализировать популяционную структуру, особенности распространения и экологические потребности ясеня обыкновенного на северо-восточной границе ареала.

**Материалы и методы.** Сбор материала осуществлялся в лесных массивах памятников природы «Ясенева дубрава» (Шнаевская дубрава) и «Инзенский массив» на территории стационарных пробных площадей. Для выявления флористического состава проводили полные геоботанические описания. Оценка основных экологических параметров проводилась с использованием шкал Д. Н. Цыганова.

**Результаты.** В исследованных сообществах популяции *Fraxinus excelsior* полночленные, нормальные. Онтогенетические спектры характеризуются завершенностью. Наиболее благоприятные условия для роста и развития ясеня обыкновенного складываются в Инзенском массиве: популяция ясеня здесь характеризуется полночленностью возрастного спектра семенных особей, нет сокращения численности особей при переходе в виргинильное возрастное состояние первой подгруппы.

**Выводы.** Главными лимитирующими факторами для распространения, нормального роста и развития *Fraxinus excelsior* на северо-восточной границе ареала являются почвенное богатство, наличие в почве солей кальция и температурный режим.

**Ключевые слова:** *Fraxinus excelsior* L., особенности экологии, популяционная структура.

N. A. Leonova, Yu. A. Timofeeva, V. Yu. Il'in

## POPULATION STRUCTURE OF *FRAXINUS EXCELSIOR* L. ON THE NORTH EAST BORDER OF THE AREAL

### Abstract.

**Background.** *Fraxinus excelsior* is a valuable woody plant of great economic importance. On the territory of the Penza region this species is a part of broad-leaved forests, however, they are not always present in them. The aim of the work is to analyze the population structure, distribution features and ecological needs of ash trees on the north-eastern border of the range.

**Materials and methods.** The research is carried out in the forests of nature monuments “Yasenevaya Dubrava” and “Inzensky massiv” on the territory of station-

nary trial plots. To determine the floristic composition, complete geobotanical descriptions were carried out. The assessment of the main ecological parameters was carried out using D. N. Tsyganov's scales.

*Results.* In the communities studied, the *Fraxinus excelsior* populations are full-valued, normal. Ontogenetic spectra are characterized by their completeness. The most favorable conditions for the growth and development of the ash tree are in the Inza: the ash population here is characterized by the fullness of the age spectrum of the seed individuals, there is no reduction in the number of individuals during the transition to the virgin age of the first subgroup.

*Conclusions.* In the communities studied, the *Fraxinus excelsior* populations are full-valued, normal. Ontogenetic spectra are characterized by their completeness. The most favorable conditions for the growth and development of the ash tree are in the Inzensky Massif: the ash population here is characterized by the fullness of the age spectrum of the seed individuals, there is no reduction in the number of individuals during the transition to the virgin age of the first subgroup.

**Key words:** *Fraxinus excelsior* L., environmental characteristics, population structure.

### Введение

Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.) – это ценное древесное растение, имеющее большое хозяйственное значение. Древесина ясеня характеризуется высокими физико-механическими свойствами, красивым рисунком и является ценным сырьем для фанерного производства.

Ясень – часто встречаемый вид, имеет обширный ареал с наибольшим распространением в европейской части России. По данным А. В. Чумаковой, Н. Г. Васильева [1], оптимальными для его роста на территории нашей страны являются условия Черноморского побережья Кавказа и особенно Колхиды. В колхидских болотных ясеневых лесах, в долинах рек Мзымты, Псоу, Риони вид достигает наилучшего роста и развития.

*Fraxinus excelsior* требователен к богатству, составу и влажности почв, тепловому и световому режимам: это свето-, влаго- и теплолюбивое дерево. При низкой температуре происходит повреждение листьев, обмерзание побегов, особенно чувствительны к замерзанию молодые растения. В засушливых районах ясень малоустойчив, растет слабо и рано отмирает. Недостаток влаги сказывается на форме соцветий, строении листочков и роста. Ясень требователен к минеральному питанию. Многие авторы относят этот вид к группе кальцефилов. Однако при благоприятном температурном режиме, достаточном увлажнении он удовлетворительно растет на небогатых бескарбонатных почвах.

Ясень обыкновенный по типу эколого-ценотической стратегии занимает промежуточное положение между типично конкурентными и реактивными видами и поэтому относится к реактивно-конкурентным видам.

Произрастание ясеня обыкновенного связано с лесами. На территории Пензенской области этот вид входит в состав широколиственных лесов, однако присутствует в них не всегда. Поэтому представляется необходимым выяснение условий, обеспечивающих вхождение этого вида в состав сообществ широколиственных лесов, и определение экологических факторов на территории области, являющихся лимитирующими для распространения этого вида.

Цель исследования – проанализировать популяционную структуру, особенности распространения и экологические потребности ясеня обыкновенного на северо-восточной границе ареала. Задачи работы: 1) охарактеризовать устойчивую структуру популяций *Fraxinus excelsior* L.; 2) выявить благоприятные экологические условия для роста и развития ясеня обыкновенного на границе ареала.

### Материалы и методы

Сбор материала осуществлялся в течение 2016–2017 гг. в лесных массивах памятников природы «Ясенева дубрава» (Шнаевская дубрава) и «Инзенский массив» на участках стационарных пробных площадей (ПП). Лесные сообщества парка г. Пензы, в которых отсутствуют растения ясеня обыкновенного, исследованы нами для выяснения экологических причин отсутствия изучаемого вида.

Для выявления флористического состава исследуемых сообществ на каждой ПП были сделаны полные геоботанические описания в 10–20-кратной повторности. Для каждого растения отмечали возрастное состояние, происхождение (семенное или вегетативное), высоту, принадлежность к ярусу. Участие видов оценивали с использованием следующей шкалы: проективное покрытие 75–100 % – балл 5; 51–75 % – балл 4; 26–50 % – балл 3; 11–25 % – балл 2; 2–10 % – балл 1; 1 % и менее – +. Названия сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову [2].

Для оценки основных экологических параметров местообитаний полученные описания были обработаны по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [3].

Определение возрастного состояния проводили на основании комплекса качественных морфологических признаков – способность к семенному размножению, ее максимальное проявление и утрата, различие прегенеративных и генеративных структур побегов корневых систем, соотношение процессов новообразования органов и их отмирание, и биометрических показателей: число и размеры отдельных органов и всей особи в целом. Для описания каждого возрастного состояния использовали 10–15 особей.

Изучение состояния популяций *Fraxinus excelsior* осуществлялось общепринятыми популяционными методами [4–6].

### Результаты и обсуждение

Пензенская область расположена на Восточно-Европейской, или Русской, равнине и занимает среднюю западную часть Приволжской возвышенности [7].

Памятник природы «Инзенский массив» (Сурское лесничество) расположен севернее реки Инзы, на северо-востоке Пензенской области. Рельеф местности холмисто-возвышенный. Почвы серые лесные среднemosные среднесуглинистые на средних суглинках различной степени щебневатости и каменистости, с относительно низким содержанием гумуса и повышенной кислотностью [8]. Массив в прошлом входил в состав засечной черты Российского государства и долгое время не подвергался сильному антропогенному воздействию. В настоящее время изученные участки используются только как база для пчеловодства.

Исследования проводились в клено-липняке осоково-снытевом с дубом (формула древостоя: 6ЛЗКо1(Д+Яс)). Древесная синузия абсолютно разновозрастная, возраст старых деревьев достигает 150–300 лет. I ярус состоит из дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, клена остролистного, липы сердцевидной, вяза голого, изредка к ним примешиваются осина и береза повислая. Во II ярус, помимо названных видов, входят рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная, ива козья, а на опушках – клен татарский. Из кустарников наиболее типичны лещина, бересклет бородавчатый, жимолость лесная, малина обыкновенная, роза коричная, калина обыкновенная. В травяном покрове преобладают сныть обыкновенная и осока волосистая. Наряду с ними широко представлены лесные злаки, бобовые и разнотравье.

Как памятник природы «Ясеновая дубрава» существует с 1995 г. Она расположена в 30 км восточнее г. Пензы, близ ст. Шнаево. Массив расположен на высокоприподнятом (около 272 м над уровнем моря) участке водораздела плато. За счет небольшого уклона в южном направлении почвы хорошо дренированы. Ясеновая дубрава, как и Инзенский массив, относится к северо-восточному климатическому району [9] и, следовательно, имеет сходные с ним характеристики. Количество осадков за вегетативный период составляет 240–260 мм. Гидротермический коэффициент равен 1,0. Почвы светло-серые лесные легкосуглинистые на покровном суглинке.

На территории Ясеновой (Шнаевской) дубравы сообщество формировалось после сплошной рубки с последующей посадкой дуба черешчатого. Фитоценоз – дубо-ясенник осоково-снытевый, разновозрастный (формула древостоя: 3Д4Яс2Л1(Ко+Ос)). Возраст старых деревьев составляет 80–100 лет. I и II ярусы состоят из дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, липы сердцевидной, осины, вяза голого. Из кустарников обычны лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый. В травяном покрове присутствуют сныть обыкновенная, осока волосистая, будра плющевидная, звездчатка ланцетолистная.

*Массив городского парка* расположен на территории г. Пенза и входит в состав городского парка близ военного городка. В ценозе отсутствуют растения ясеня обыкновенного, и он выбран нами для выяснения экологических причин этого отсутствия. Рельеф местности выровненный. Почвы светло-серые лесные на деллювиальном бескарбонатном опоковидном суглинке.

Сообщество можно охарактеризовать как липо-кленовник с дубом снытево-волосито-осоковый. I и II ярусы состоят из липы сердцевидной, клена остролистного, дуба черешчатого, с единичным участием осины, вяза голого, березы бородавчатой (формула древостоя: 5Ко3Л1Д1(В, Ос, Б)). Из кустарников обычны лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый. В травяном покрове преобладают сныть обыкновенная и осока волосистая.

Как показали исследования, рассматриваемые сообщества находятся примерно в северо-восточной части ареала ясеня обыкновенного и не слишком отличаются климатическими характеристиками.

Сопоставляя оптимальные климатические и почвенные условия мест произрастания ясеня с параметрами изучаемых сообществ, приходим к выводу, что на северо-восточной границе ареала лимитирующими факторами для распространения и нормального роста и развития ясеня являются, очевидно, температурный режим и почвенное богатство (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные характеристики (климатическая и почвенная) мест исследования

Место исследования	Средняя температура воздуха			Продолжительность безморозного периода	Годовое количество осадков	Сумма эффективных температур	Почвы
	годовая	января	июля				
1. Оптимальные условия произрастания (данные литературы)	+14 °С	3–6 °С	+24 °С	109–190 дней	1200–2600 мм	1650–3180 °С	Темно-серые лесные суглинистые и выщелочные черноземы
2. Инзенский массив (Сурское лесничество)	4,0 °С	-13,0 °С	+18,4 °С	120 дней	600–650 мм	2200–2300 °С	Темно-серые лесные на средних суглинках различной степени щебневатости и каменности
3. Ясенева дубрава (Шнаевская дубрава)	4,0 °С	-13,0 °С	+18,4 °С	120 дней	600–650 мм	2200–2300 °С	Темно-серые лесные на покровном суглинке
4. Массив городского парка	4,0 °С	-12 °С	+19,3 °С	120 дней	470–560 мм	2400 °С	Светло-серые лесные на делювиальном бескарбонатном опоконидном суглинке

Параметрами температурного режима на границе ареала, влияющими на рост и развитие ясеня (Шнаевская дубрава и Инзенский массив), являются средние температуры: 1) годовая – на территории модельных сообществ она ниже в 3–3,5 раза; 2) самого холодного месяца – января – ниже в 2–4 раза, поэтому в суровые зимы наблюдается частичное обмерзание побегов и верхушечных почек. Молодые растения ясеня особенно страдают от поздних весенних заморозков; 3) самого теплого – июля – холоднее почти в 1,5 раза. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) находится в середине диапазона оптимальности.

Важным лимитирующим фактором, определяющим распространение ясеня на границе ареала, является почвенное богатство. Как видно из табл. 2, ясень входит в состав сообществ, формирующихся на влажно-лесолуговых, достаточно обеспеченных азотом почвах, по кислотности близким к нейтральным. Что касается солевого режима почв, то важным фактором распространения этого вида является наличие карбонатов (незначительное участие кальция в почве может быть компенсировано, очевидно, только их высоким плодородием). Поэтому присутствие растений ясеня в составе сообществ Шнаева и Инзы объясняется их почвенными условиями, в частности, наличием карбонатов, притом, что Инзенский массив расположен в самом прохладном районе Пензенской области.

Лесной массив городского парка отличается от Шнаевкой дубравы и ценоза Сурского лесничества более низкими значениями увлажнения, почвенного богатства, кислотности почвы, уровнем освещенности, т.е. здесь суше, теплее, почвы беднее азотом, слабокислые и незначительно богаче по солевому режиму.

Отсутствие карбонатов в почве под клено-липняком на территории городского парка даже при несколько более высоких показателях температурного режима и солевого состава почв по сравнению с другими исследованными массивами (см. табл. 1, 2) не обеспечивает возможности внедрения ясеня обыкновенного в данное сообщество.

Изучение возрастной структуры популяций ясеня обыкновенного проводили в сообществах Шнаевской дубравы и Инзенского лесного массива. Онтогенетические спектры популяций ясеня обыкновенного представлены на рис. 1.

Изученные популяции ясеня обыкновенного являются полночленными нормальными. По положению абсолютного максимума на прегенеративных растениях суммарные спектры популяций ясеня в исследованных сообществах относятся к I типу, для которого характерны левосторонние спектры. Левосторонность, как характерная черта возрастных спектров ясеня обыкновенного, отмечена и Л. Б. Заугольной [10].

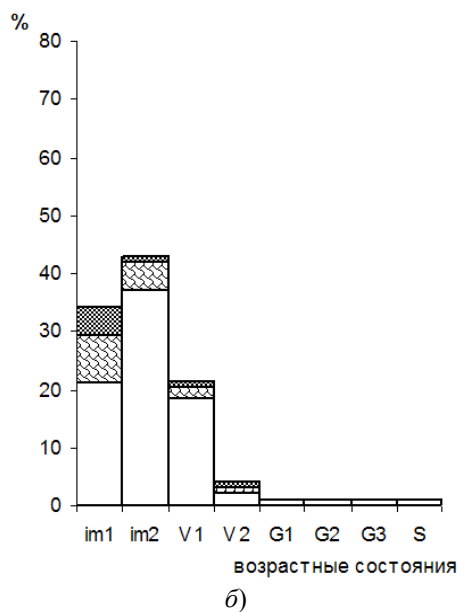
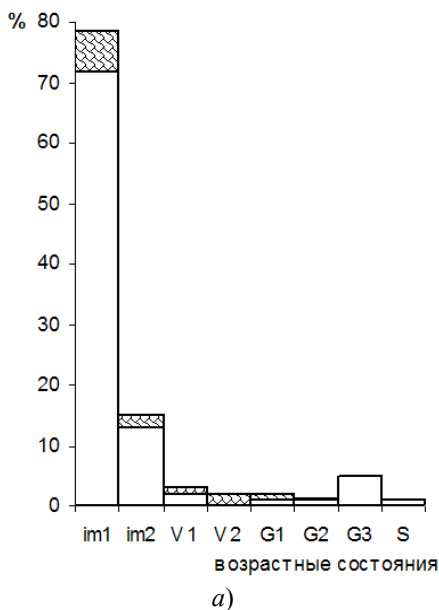
Причины левосторонности онтогенетических спектров заключаются, прежде всего, в резком увеличении биомассы особей при переходе от молодости к зрелости, что обуславливает большое изменение площадей питания в ходе онтогенеза особи. Следствием является чрезвычайно интенсивный отпад в прегенеративном периоде.



Таблица 2

Оценка основных экологических факторов среды модельных сообществ по шкалам Н. Д. Цыганова [3]

Массив	Статистические показатели	Увлажнение почвы ( <i>Hd</i> )	Богатство почвы азотом ( <i>Nf</i> )	Солевой режим почвы ( <i>Tr</i> )	Кислотность почвы ( <i>Rc</i> )	Уровень освещенности ( <i>Lc</i> )	Температурный режим ( <i>Tm</i> )
Инзенский массив (Сурское лесничество)	min	12	6,21	6	8	4,91	8,52
	max	13	7,2	6,79	8,4	6	8,78
	<b>средн.</b>	<b>12,5</b>	<b>6,79</b>	<b>6,5</b>	<b>8,2</b>	<b>5,4</b>	<b>8,57</b>
Ясенева дубрава (Шнаевская дубрава)	min	12,6	6,3	6,3	7,19	5,09	8,6
	max	12,85	6,58	6,49	7,3	5,72	8,8
	<b>средн.</b>	<b>12,6</b>	<b>6,45</b>	<b>6,4</b>	<b>7,25</b>	<b>5,4</b>	<b>8,7</b>
Массив городского парка	min	8	5,8	6,6	6,4	3	10
	max	12,8	6,9	8,0	6,9	5,6	10,3
	<b>средн.</b>	<b>9,9</b>	<b>6,15</b>	<b>7,4</b>	<b>6,7</b>	<b>4,4</b>	<b>8,86</b>



Уровни жизненности: - нормальная,  
 - пониженная,  
 - низкая.

Рис. 1. Суммарные онтогенетические спектры ясеня обыкновенного в Шнаевской дубраве (а) и Инзенском массиве (б)

Количественное участие в составе анализируемых популяций проростков и ювенильных растений сильно варьирует по годам. На численность проростков значительное влияние оказывают неблагоприятные для прорастания семян и приживания проростков погодные условия. Колебания численности ювенильных растений связано с нерегулярностью появления всходов и по-

годными условиями в период их развития. Помимо названных причин, следует указать и еще одну – гибель ювенильных растений из-за недостатка света под пологом леса.

Незначительная продолжительность жизни растений этих возрастных групп не позволяет «длительно переносить условия угнетения в надежде на их улучшение». Максимальное участие в составе популяций имеют имматурные растения: они составляют в Шнаевской дубраве – 95 %, в Инзенском массиве – 78 % (от общего числа растений), т.е. в сообществах их в десятки раз больше, чем генеративных деревьев.

При достижении 4–6-летнего возраста ( $im_1$ ) особи ясеня отличаются наибольшей теневыносливостью, что позволяет им развиваться при низких значениях освещенности.

В популяции ясеня в Шнаевской дубраве, помимо основного максимума, на прегенеративных растениях имеется дополнительный в генеративной части спектра. В популяции велико участие старых генеративных растений (см. рис. 1,а), они составляют 63 % от числа генеративных деревьев. Положение максимума во взрослой части популяции на этой возрастной группе обусловлено большой продолжительностью старого генеративного состояния у ясеня обыкновенного – она составляет 57 % от продолжительности всего онтогенеза. Приведенный вариант левостороннего возрастного спектра популяции ясеня в Шнаевской дубраве можно назвать полночленным с локальным максимумом на старых генеративных растениях.

В популяции ясеня в Инзенском массиве дополнительного максимума не отмечено. На долю особей генеративных возрастных состояний приходится около 1 %.

В обоих исследованных сообществах в популяциях ясеня происходит резкое снижение численности особей при переходе в виргинильное возрастное состояние: участие растений виргинильного состояния первой подгруппы ( $v_1$ ) в Шнаевской дубраве составляет около 1,5 %, в Инзенском массиве – 19 %, а второй подгруппы ( $v_2$ ) – 1,6 и 2,4 % соответственно, причем в составе последней в Шнаевском ценозе отмечены особи только вегетативного порослевого происхождения (8 особей/га).

Поддержание популяций ясеня в обоих массивах осуществляется в основном семенным путем – 98 % в Шнаево и 56 % в Инзенском массиве от общего числа особей. Возрастные спектры семенных растений ясеня (рис. 2) сходны с суммарными: левосторонние, с абсолютным максимумом на имматурных растениях, завершённые. В Шнаевской дубраве он бимодальный, с дополнительным максимумом на старых генеративных особях, однако для него характерна неполночленность: в популяции отсутствуют виргинильные особи второй подгруппы. Отсутствие особей ясеня этой возрастной группы объясняется существенным увеличением потребности в свете растений этого вида после 20 лет (это соответствует  $v_2$ ), т.е. недостатком освещения в исследованном сообществе.

Особи нормальной жизненности преобладают в исследованных сообществах как среди прегенеративных (89 % в Шнаево и 92 % в Инзе), так и половозрелых растений (91 и 95 % соответственно). Растения низких уровней жизненности в популяциях или отсутствуют совсем (в Шнаевской дубраве) или присутствуют во всех возрастных состояниях прегенеративного периода, но их участие незначительно (1–5 %).

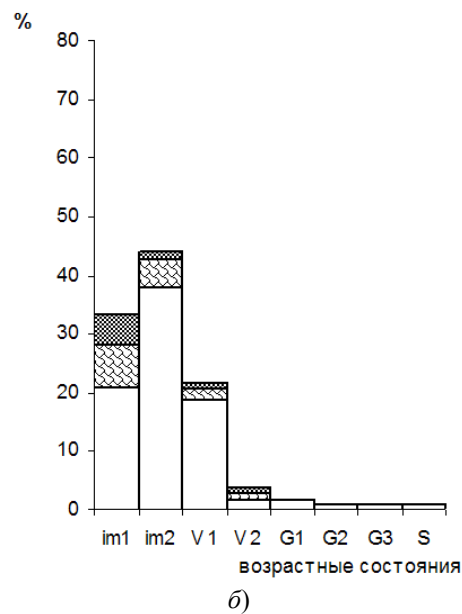
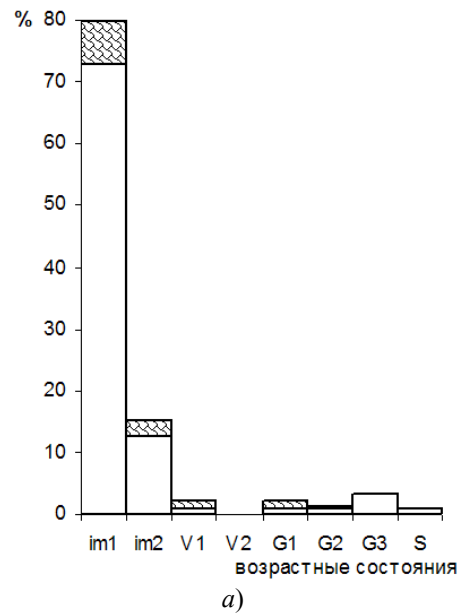


Рис. 2. Онтогенетические спектры семенных особей ясеня обыкновенного в Шнаевской дубраве (а) и Инзенском лесничестве (б).  
Условные обозначения уровней жизненности те же, что и на рис. 1

### Заключение

Ясень обыкновенный имеет обширный ареал произрастания, с наибольшим распространением в европейской части России. Широкий диапазон климатических и почвенных условий, в которых произрастает этот вид, свидетельствует о его высокой пластичности, способности к приспособлению к разным условиям увлажнения, солнечной радиации, температурным условиям.

В исследованных массивах памятников природы «Ясеновой дубраве» и «Инзенском массиве» в целом условия для роста и развития растений ясеня обыкновенного являются благоприятными.

Главными лимитирующими факторами для распространения, нормального роста и развития этого вида на северо-восточной границе ареала являются почвенное богатство, наличие в почве солей кальция и температурный режим.

Дефинитивные возрастные спектры *Fraxinus excelsior* L. в исследованных массивах – левосторонние с абсолютным максимумом на иматурных особях.

В исследованных сообществах популяции ясеня полночленные, нормальные. Возрастные спектры характеризуются полночленностью и завершенностью.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития ясеня обыкновенного складываются в сообществах памятника природы «Инзенский массив»: популяция ясеня здесь характеризуется полночленностью возрастного спектра семенных особей, нет сокращения численности особей при переходе в виргинильное возрастное состояние первой подгруппы.

Наличие в составе всех возрастных состояний прегенеративного периода растений низких уровней жизненности представляет собой резерв популяции, реализуемый при изменении экологических условий. При неблагоприятных условиях перераспределение особей по жизненности происходит в результате значительного отмирания подростка пониженной жизненности или перехода его на низкий и сублетальный уровни (в квазисенильное состояние).

Отсутствие в Шнаевской дубраве растений ясеня низких уровней жизненности говорит о жестких экологических условиях, не позволяющих особям пережить неблагоприятные условия в квазисенильном состоянии. Поэтому растения с низкими уровнями жизненности отмирают, не завершив онтогенез полностью.

#### Библиографический список

1. **Чумакова, А. В.** Ясень / А. В. Чумакова, Н. Г. Васильев. – М. : Лесная промышленность, 1984. – 101 с.
2. **Черепанов, С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 992 с.
3. **Цыганов, Д. Н.** Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М. : Наука, 1983. – 196 с.
4. **Работнов, Т. А.** Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии / Т. А. Работнов // Проблемы ботаники. – М. ; Л. : АН СССР, 1950. – Вып. 1. – С. 465–483.
5. **Уранов, А. А.** Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
6. **Заугольнова, Л. Б.** Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова, Л. А. Жукова, А. С. Комаров, О. В. Смирнова. – М. : Наука, 1988. – 184 с.
7. **Курицын, И. И.** География Пензенской области / И. И. Курицын, Н. А. Марденский. – Саратов, 1991. – 96 с.
8. **Дюкова, Г. Р.** Почвенная карта // Атлас Пензенской области / Г. Р. Дюкова, Б. Н. Затева, М. М. Секерко. – М. : ГУГК, 1982. – С. 13.

9. Атлас Пензенской области. – М. : ГУГК, 1982. – 34 с.
10. **Заугольнова, Л. Б.** Возрастные этапы в онтогенезе ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) / Л. Б. Заугольнова // Вопросы морфогенеза цветковых растений и строение их популяций. – М. : Наука, 1968. – С. 81–102.

### **References**

1. Chumakova A. V., Vasil'ev N. G. *Yasen'* [Ash-tree]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1984, 101 p.
2. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)* [Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995, 992 p.
3. Tsyganov D. N. *Fitoindikatsiya ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoynno-shirokolistvennykh lesov* [Phytoindication of ecological conditions in the subzone of coniferous-deciduous forests]. Moscow: Nauka, 1983, 196 p.
4. Rabotnov T. A. *Problemy botaniki* [Botany issues]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1950, iss. 1, pp. 465–483.
5. Uranov A. A. *Biologicheskie nauki* [Biological sciences]. 1975, no. 2, pp. 7–34.
6. Zaugol'nova L. B., Zhukova L. A., Komarov A. S., Smirnova O. V. *Tsenopopulyatsii rasteniy (ocherki populyatsionnoy biologii)* [General population of plants (population biology essays)]. Moscow: Nauka, 1988, 184 p.
7. Kuritsyn I. I., Mardenskiy N. A. *Geografiya Penzenskoy oblasti* [Geography of Penza region]. Saratov, 1991, 96 p.
8. Dyukova G. R. *Atlas Penzenskoy oblasti* [Atlas of Penza Region]. Moscow: GUGK, 1982, p. 13.
9. *Atlas Penzenskoy oblasti* [Atlas of Penza region]. Moscow: GUGK, 1982, 34 p.
10. Zaugol'nova L. B. *Voprosy morfogeneza tsvetkovykh rasteniy i stroenie ikh populyatsiy* [Issues of morphogenesis of flowering plants and the structure of their populations]. Moscow: Nauka, 1968, pp. 81–102.

---

**Леонова Наталья Алексеевна**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра общей биологии и биохимии,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)

E-mail: na\_leonova@mail.ru

**Leonova Natal'ya Alekseevna**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of general  
biology and biochemistry, Penza State  
University (40 Krasnaya street, Penza,  
Russia)

**Тимофеева Юлия Алексеевна**

магистрант, Пензенский  
государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: bio@pnzgu.ru

**Timofeeva Yuliya Alekseevna**

Master's degree student, Penza State  
University (40 Krasnaya street, Penza,  
Russia)

**Ильин Владимир Юрьевич**

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра зоологии и экологии,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)

E-mail: iljin\_bat@mail.ru

**Il'in Vladimir Yur'evich**

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of zoology and ecology,  
Penza State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

УДК 574.3

Леонова, Н. А.

**Популяционная структура *Fraxinus excelsior* L. на северо-восточной границе ареала / Н. А. Леонова, Ю. А. Тимофеева, В. Ю. Ильин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 75–87. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-7.**

УДК 796.378

DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-8

*А. Л. Бетуганова*

## ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕВУШЕК КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Физическое развитие населения является интегральным показателем здоровья, реагирующего на воздействие социально-гигиенических и экологических факторов окружающей среды. Воспитание физически крепкого молодого поколения с гармоничным развитием физических и духовных сил является важнейшей задачей Правительства РФ на современном этапе. Целью исследования была оценка физического развития девушек как одной из перспективных социальных групп населения для репродуктивного потенциала конкретного территориально-административного образования, на примере Кабардино-Балкарской республики.

*Материалы и методы.* Были проанализированы соматометрические показатели двух групп – девушек 16–20-летнего возраста и женщин первого зрелого возраста (21–35 лет).

*Результаты и выводы.* Сравнение трех долевых соматометрических показателей в этих группах показало, что они достоверно отличаются друг от друга. Вероятно, такие результаты связаны со сменой у представителей второй группы социально-репродуктивного статуса.

**Ключевые слова:** физическое развитие, оценка развития девушек, Кабардино-Балкарская республика.

*А. Л. Betuganova*

## ASSESSMENT OF GIRLS PHYSICAL DEVELOPMENT OF KABARDINO-BALKAR REPUBLIC

### **Abstract.**

*Backgrounds.* The physical development of the population is an integral indicator of health, which responds to the impact of social, hygienic and environmental factors of the environment. Raising a physically strong young generation with a harmonious development of physical and spiritual strength is the most important task of the Government of the Russian Federation at the present stage. The aim of the study was to assess the physical development of girls as one of the promising social groups of the population for the reproductive potential of a specific territorial-administrative entity, on the example of the Kabardino-Balkarian Republic.

---

© 2018 Бетуганова А. Л. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.



*Materials and methods.* The somatometric indicators of two groups were analyzed – girls of 16–20 years old and women of the first mature age (21–35 years old).

*Results and conclusions.* Comparison of three share somatometric indicators in these groups showed that they significantly differ from each other. Probably, such results are associated with a change in the representatives of the second group of socio-reproductive status.

**Key words:** physical development, assessment of the development of girls, Kabardino-Balkaria Republic.

Физическое развитие населения наряду с рождаемостью, заболеваемостью и смертностью является интегральным показателем здоровья, реагирующего на воздействие социально-гигиенических и экологических факторов окружающей среды. Одной из важнейших задач, выбранной Правительством РФ на современном этапе, является воспитание физически крепкого молодого поколения с гармоничным развитием физических и духовных сил, повышение у населения мотивации к здоровому образу жизни.

В настоящее время в анатомии получило широкое развитие антропологическое направление научных исследований. Благодаря большому накопленному фактическому материалу и результатам его анализа в недавнем времени сформировался новый раздел медицинской науки – биомедицинская антропология [1].

Соматометрические исследования населения в большинстве случаев направлены на поиск региональных отличий антропометрических показателей. Основной целью таких исследований является выявление территориальных, экологических и этнических особенностей строения тела и физического развития людей в различных субъектах РФ [2–5]. Кроме того, для полной характеристики физического развития населения необходимо учитывать размеры тела, вес и относительные индексы, полученные при сравнении весовых и размерных показателей.

Целью исследования была оценка физического развития девушек как одной из перспективных социальных групп населения для репродуктивного потенциала конкретного территориально-административного образования, на примере Кабардино-Балкарской республики. Для этого были проанализированы соматометрические показатели двух выборок – в группе девушек 16–20-летнего возраста ( $n = 100$ ) и группе женщин первого зрелого возраста (21–35 лет) ( $n = 100$ ).

При распределении обследованных девушек 16–20-летнего возраста по габаритному уровню варьирования (ГУВ) были выделены следующие соматические типы: микромезасомный (МиМеС), или «ниже среднего», – 19,5 %, мезасомный (МеС), или «средний», – 58,3 %, мезомакросомный (МеМаС), или «выше среднего», – 22,6 %. Высокие и низкие соматические типы, а также крайние формы их варьирования, такие как наносомный (НаС) и мегасомный (МеГС), в нашем исследовании не были выявлены.

Оценка массо-ростового соотношения с помощью индекса Кетле показала, что у девушек 16–20 лет среднее значение этого индекса составило  $20,0 + 0,2 \text{ кг/м}^2$ , что указывает на низкую долю у этой категории населения республики индивидуумов с излишней массой тела. Нормальный показатель

индекса Кетле в данной группе был выявлен в 87,1 % наблюдений. У 8,9 % обследованных девушек величина этого индекса была низкой и не достигала значений 18,5. Таким образом, у незначительной части девушек (<10 %) отмечается хроническая энергетическая недостаточность. Избыток массы тела был выявлен только у 4,2 % обследованных девушек. При этом ожирения в этой части группы обследованных девушек не было установлено.

В группе женщин первого зрелого возраста (21–35 лет) средний показатель индекса массы тела составил  $25,4 + 3,6 \text{ кг/м}^2$ . При этом у 5,8 % обследованных женщин выявилась хроническая энергетическая недостаточность, у 17,9 % – излишняя масса тела и у 2,4 % – ожирение.

Сравнение трех долевых показателей, не имеющих нулевых значений, – средний показатель индекса массы, хроническая энергетическая недостаточность и избыток массы – в группе девушек 16–20-летнего возраста и группе женщин первого зрелого возраста (21–35 лет) показало, что они достоверно отличаются друг от друга ( $\text{Chi-Square} = 11,99142 \text{ df} = 2 \text{ p} = 0,0025$ ). Вероятно, такие результаты связаны со сменой у представителей второй группы социально-репродуктивного статуса.

#### **Библиографический список**

1. **Вальц, Е. В.** Антропо-эндокринологическое и генетическое изучение коренного населения Северной Евразии : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Вальц Е. В. – М., 2009. – 24 с.
2. **Агаджанян, Н. А.** Вариабельность соматотипологических характеристик организма девушек / Н. А. Агаджанян, Л. Д. Цатурян // Морфологические ведомости. – 2007. – № 3-4. – С. 156–158.
3. **Николаев, В. Г.** Антропологическое обследование в клинической практике / В. Г. Николаев, Н. Н. Николаева, Т. В. Синдеева, Т. В. Николаева. – Красноярск : Версо, 2007. – 173 с.
4. **Тлакадугова, М. Х.** Морфометрическая характеристика школьников г. Нальчика : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Тлакадугова М. Х. – Волгоград, 2010. – 20 с.
5. **Узденова, З. Х.** Репродуктивное здоровье девочек, девушек Кабардино-Балкарии / З. Х. Узденова. – Нальчик, 2000. – 153 с.

#### **References**

1. Val'ts E. V. *Antropo-endokrinologicheskoe i geneticheskoe izuchenie korennoy naseleleniya Severnoy Evrazii: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Anthropo-endocrinological and genetic study of the indigenous population of Northern Eurasia: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Moscow, 2009, 24 p.
2. Agadzhanyan N. A., Tsaturyan L. D. *Morfologicheskie vedomosti* [Morphological statements]. 2007, no. 3-4, pp. 156–158.
3. Nikolaev V. G., Nikolaeva N. N., Sindeeva T. V., Nikolaeva T. V. *Antropologicheskoe obsledovanie v klinicheskoy praktike* [Anthropological examination in clinical practice]. Krasnoyarsk: Verso, 2007, 173 p.
4. Tlakadugova M. Kh. *Morfometrisheskaya kharakteristika shkol'nikov g. Nal'chika: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Morphometric characteristics of schoolchildren in Nalchik: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Volgograd, 2010, 20 p.
5. Uzdenova Z. Kh. *Reproduktivnoe zdorov'e devochek, devushek Kabardino-Balkarii* [Reproductive health of girls, girls of Kabardino-Balkaria]. Nal'chik, 2000, 153 p.

**Бетуганова Алина Латифовна**

ассистент, кафедра нормальной  
и патологической анатомии,  
Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х. М. Бербекова  
(Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского,  
173)

E-mail: elmira-kodzokova@mail.ru

**Betuganova Alina Latifovna**

Assistant, sub-department of normal  
and pathological anatomy, Kabardino-  
Balkaria State University named after  
H. M. Berbekov (173 Chernyshevskogo  
street, Nalchik, Russia)

---

УДК 796.378

**Бетуганова, А. Л.**

**Оценка физического развития девушек Кабардино-Балкарской  
республики / А. Л. Бетуганова // Известия высших учебных заведений.  
Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 2 (22). – С. 88–91. –  
DOI 10.21685/2307-9150-2018-2-8.**

## **Внимание авторов!**

Редакция журнала «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки» приглашает специалистов опубликовать на его страницах оригинальные статьи, содержащие новые научные результаты в области биологии, а также обзорные статьи по тематике журнала.

Статьи, ранее опубликованные, а также принятые к опубликованию в других журналах, редколлегией не рассматриваются.

Редакция принимает к рассмотрению статьи, подготовленные с использованием текстового редактора Microsoft Word for Windows (тип файла – RTF, DOC).

Необходимо представить статью в электронном виде (VolgaVuz@mail.ru) и дополнительно на бумажном носителе в двух экземплярах. Оптимальный объем рукописи 10–14 страниц формата А4. Основной шрифт статьи – Times New Roman, 14 pt через полуторный интервал. Статья **обязательно** должна содержать индекс УДК, ключевые слова и развернутую аннотацию объемом от 100 до 250 слов, имеющую четкую структуру **на русском** (Актуальность и цели. Материалы и методы. Результаты. Выводы) **и английском** (Background. Materials and methods. Results. Conclusions) **языках**.

**Обращаем внимание авторов** на то, что в соответствии с этическим кодексом журнала для обеспечения единообразия перевод фамилии, имени, отчества каждого автора на английский язык (в сведениях об авторах и списке литературы) осуществляется автоматически с использованием программы транслитерации в кодировке BGN (сайт translit.ru).

Рисунки и таблицы должны быть размещены в тексте статьи и представлены в виде отдельных файлов (растровые рисунки в формате TIFF, BMP с разрешением 300 dpi, векторные рисунки в формате Corel Draw с минимальной толщиной линии 0,75 pt). Рисунки должны сопровождаться подрисовочными подписями.

**Формулы** в тексте статьи **обязательно** должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Word Equation (версия 3.0) или MathType. Символы греческого и русского алфавитов должны быть набраны прямо, нежирно; латинского – курсивом, нежирно; обозначения векторов и матриц – прямо, жирно; цифры – прямо, нежирно. Наименования химических элементов набираются прямо, нежирно. Эти же требования **необходимо** соблюдать и в рисунках. Допускается вставка в текст специальных символов (с использованием шрифтов Symbol).

В списке литературы **нумерация источников** должна соответствовать **очередности ссылок** на них в тексте ([1], [2], ...). Номер источника указывается в квадратных скобках. **Требования к оформлению списка литературы** на русские и иностранные источники: **для книг** – фамилия и инициалы автора, название, город, издательство, год издания, том, количество страниц; **для журнальных статей, сборников трудов** – фамилия и инициалы автора, название статьи, полное название журнала или сборника, серия, год, том, номер, страницы; **для материалов конференций** – фамилия и инициалы автора, название статьи, название конференции, город, издательство, год, страницы.

К материалам статьи **должна** прилагаться следующая информация: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность, место и юридический адрес работы (на русском и английском языках), e-mail, контактные телефоны (желательно сотовые).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается. Рукопись, полученная редакцией, не возвращается. Редакция оставляет за собой право проводить редакторскую и допечатную правку текстов статей, не изменяющую их основного смысла, без согласования с автором.

**Статьи, оформленные без соблюдения приведенных выше требований, к рассмотрению не принимаются.**

### ***Уважаемые читатели!***

Для гарантированного и своевременного получения журнала «**Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки**» рекомендуем вам оформить подписку.

Журнал выходит 4 раза в год по тематике • биология.

Стоимость одного номера журнала – 500 руб. 00 коп.

Для оформления подписки через редакцию необходимо заполнить и отправить заявку в редакцию журнала: тел./факс (841-2) 36-84-87; E-mail: [VolgaVuz@mail.ru](mailto:VolgaVuz@mail.ru)

Подписку можно оформить по объединенному каталогу «Пресса России», тематические разделы: «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов», «Природа. Мир животных и растений. Экология», «Химия. Нефтехимия. Нефтегазовая промышленность». Подписной индекс – 70238.

---

### **ЗАЯВКА**

Прошу оформить подписку на журнал «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки» на 20\_\_ г.

№ 1 – \_\_\_\_\_ шт., № 2 – \_\_\_\_\_ шт., № 3 – \_\_\_\_\_ шт., № 4 – \_\_\_\_\_ шт.

Наименование организации (полное) \_\_\_\_\_

ИНН \_\_\_\_\_ КПП \_\_\_\_\_

Почтовый индекс \_\_\_\_\_

Республика, край, область \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_ Дом \_\_\_\_\_

Корпус \_\_\_\_\_ Офис \_\_\_\_\_

ФИО ответственного \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_ E-mail \_\_\_\_\_

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_

(подпись)

(ФИО)

Дата «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

