

Включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней по специальностям:

03.02.01 Ботаника, 03.02.03 Микробиология, 03.02.04 Зоология, 03.02.07 Генетика, 03.02.08 Экология, 03.03.03 Иммунология, 14.03.09 Клиническая иммунология, аллергология, 14.03.10 Клиническая лабораторная диагностика

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Включает как теоретические работы, так и статьи, содержащие результаты конкретных исследований по ботанике и физиологии растений, зоологии, ихтиологии и этологии, энтомологии и гидробиологии, генетике, биохимии, микробиологии, почвоведению, биотехнологии, медико-биологическим проблемам, экологии и охране природы, а также рецензии на некоторые публикации и персоналии. Все статьи прошли рецензирование.

Редакционный совет

В. С. Артамонова, д-р биол. наук, доцент, ведущий н. сотр., Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск

А. В. Балухин, д-р биол. наук, ст. н. сотр., зав. лабораторией, ЗИН РАН, г. С.-Петербург

О. Г. Баранова, д-р биол. наук, профессор, ведущий н. сотр., БИН им. В.Л. Комарова РАН, г. С.-Петербург

В. Д. Богданов, д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, зав. лабораторией, ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург

Э. А. Коркотян, канд. биол. наук, профессор, Лаборатория нейронной пластичности Научно-исследовательского ин-та им. Вейцмана, Реховот, Израиль

Н. Кристофи, профессор, Эдинбургский Нэпир университет, Шотландия, Великобритания

А. И. Литвиненко, д-р биол. наук, профессор, Государственный аграрный ун-т Северного Зауралья, г. Тюмень

В. П. Середина, д-р биол. наук, профессор, НИТГУ, г. Томск

Б. Ульссон, Ph D, ассоциированный профессор, лектор университета г. Сковде, Швеция

В. А. Черешнев, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор ИИФ УрО РАН, г. Екатеринбург

Редакционная коллегия

С. В. Боронникова, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой, ПГНИУ, г. Пермь

С. В. Гейн, д-р мед. наук, профессор, директор ИЭГМ УрО РАН, г. Пермь

О. З. Еремченко, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой, ПГНИУ, г. Пермь

С. Л. Есюнин, д-р биол. наук, доцент, зав. кафедрой, ПГНИУ, г. Пермь

Е. Г. Ефимик (секретарь редколлегии), канд. биол. наук, доцент, ПГНИУ, г. Пермь

В. А. Демаков, д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, директор ИЭГМ УрО РАН, г. Пермь

Н. В. Зайцева, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, ФГУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь

И. Б. Ившина, д-р биол. наук, профессор, академик РАН, зав. лабораторией ИЭГМ УрО РАН, г. Пермь

М. С. Куюкина, д-р биол. наук, ст. н. сотр., ИЭГМ УрО РАН, г. Пермь

Н. И. Литвиненко (гл. редактор), канд. биол. наук, профессор кафедры, ПГНИУ, г. Пермь

С. А. Овеснов, д-р биол. наук, профессор, ПГНИУ, г. Пермь

Н. Н. Паньков, канд. биол. наук, доцент, профессор кафедры, ПГНИУ, г. Пермь

О. Ю. Устинова, д-р мед. наук, зам. директора ФГУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь

Ответственный редактор

выпуска С. А. Овеснов

© Редакционная коллегия, 2021

Адрес учредителя и издателя:
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
Тел.: 8 (342)2396435; E-mail: info@psu.ru
Подписной индекс в каталоге ОАО «Пресса России. Том 1.
Газеты и журналы»: 41000
Адрес редакции: 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
Тел.: 8 (342)2396233
E-mail: vestnik_psu_bio@mail.ru
Сайт: press.psu.ru/index.php/bio

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свид. о регистрации средства масс. информации ПИ № ФС 77-66484 от 14 июля 2016 г.

Includes both theoretical works and articles containing results of species researches on botany and physiology of plants, ichthyology and ethology, entomology and hydrobiology, microbiology, genetics, biochemistry, soil science, biotechnology, medico-biologic problems, ecology and nature conservation, as well as reviews of some publications.

Editorial Board

V. S. Artamonova, Sc. D. in Biological Science, associate professor, leading researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk

A. V. Balushkin, Sc. D. in Biological Science, senior researcher, head of laboratory, Zoological Institute of the RAS, St. Petersburg

O. G. Baranova, Sc. D. in Biological Science, professor, leading researcher, Botanical Institute of the RAS, St. Petersburg

V. D. Bogdanov, Sc. D. in Biological Science, corresponding member of the RAS, head of laboratory, IPAE Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg

V. A. Chereshnev, Sc. D. in Medical Science, professor, member of the RAS, head of IIP Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg

N. Christofi, professor, Edinburgh Napier University, Scotland, Great Britain

V. A. Demakov, Sc. D. in Medical Science, professor, corresponding member of the RAS, head of IEGM Ural Branch of the RAS, Perm

E. A. Korkotyan, Ph D, professor, Laboratory of Neuronal Plasticity of Weizmann Institute of Science, Rehovot, Izrael

A. I. Litvinenko, Sc. D. in Biological Science, professor, State agrarian University of Northern TRANS-Urals, Tyumen

B. Olsson, Ph D, associate professor, senior lector of the University of Scovde, Sweden

V. P. Seregina, Sc. D. in Biological Science, professor, NITGU, Tomsk

Editors

S. V. Boronnikova, Sc. D. in Biological Science, professor, head of department, PSU, Perm

E. G. Efimik (secretary of the editorial board), Ph D in Biological Science, associate professor, PSU, Perm

O. Z. Eremchenko, Sc. D. in Biological Science, professor, head of department, PSU, Perm

S. L. Esyunin, Sc. D. in Biological Science, associate professor, head of department, PSU, Perm

V. A. Demakov, Sc. D. in Medical Science, professor, corresponding member of the RAS, head of IEGM Ural Branch of the RAS, Perm

S. V. Gein, Sc. D. in Medical Science, professor, head of IEGM Ural Branch of the RAS, Perm

I. B. Ivshina, Sc. D. in Biological Science, professor, member of the RAS, head of laboratory of IEGM Ural Branch of the RAS, Perm

M. S. Kuyukina, Sc. D. in Biological Science, senior researcher, IEGM Ural Branch of the RAS, Perm

N. I. Litvinenko (editor in chief), PhD in Biological Science, professor of the department, PSU, Perm

S. A. Ovesnov, Sc. D. in Biological Science, professor, PSU, Perm

N. N. Pankov, Ph D in Biological Science, associate professor, professor of the department, PSU, Perm

O. Yu. Ustinova, Sc. D. in Medical Science, deputy head of FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies", Perm

N. V. Zaitseva, Sc. D. in Medical Science, professor, member of the RAS, FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies", Perm

Contributed editor of the issue S. A. Ovesnov

Содержание

Ботаника

- Кищенко И. Т.* Сезонное развитие и перспективность интродуцированных видов *Pinus L.* в таежной зоне (Карелия). 149
- Пликина Н. В., Ефремов А. Н., Самойлова Г. В.* Оценка состояния популяций охраняемых видов растений в Русско-Полянском муниципальном районе Омской области. 158

Микробиология

- Усанина Д. И., Пьянкова А. А., Плотникова Е. Г.* Галофильный штамм-деструктор бензойной кислоты *Halomonas* sp. D2 171
- Шилова А. В., Глебов Г. Г., Максимова Ю. Г.* Морфологические аспекты адаптации алкалофильной бактерии *Bacillus aequororis* к высокой солености и щелочности среды 178

Зоология

- Береснев В. В., Ефимик В. Е.* Новые данные о распространении *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 в Пермском крае 185
- Есюнин С. Л., Ухова Н. Л., Домолазова А. М.* Структура населения пауков и сенокосцев (Arachnida, Araneae, Opiliones) модельных биоценозов Висимского биосферного заповедника 191

Экология

- Горбунова В. В., Отавина М. Л., Лир Д. Н., Гаврилова И. Н., Огарышева Н. В., Чихачева Е. Б.* Характеристика физического развития школьников 7–11 лет г. Перми (поперечный срез, 2019) 206
- Мецурова Т. А.* Оценка влияния выбросов от передвижных источников на заболеваемость органов дыхания населения Пермского края 212

Иммунология

- Ланин Д. В., Лихачев К. Н., Долгих О. В., Сабитова А. А.* Особенности иммунного статуса обучающихся в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы 219
- Правила оформления статей в Вестник Пермского университета. Серия Биология 228

Contents

Botany

- Kishchenko I. T.* Seasonal development and perspectivity of introduced species *Pinus* L. in the taiga area (Karelia) 149
- Plikina N. V., Efremov A. N., Samoylova G. V.* Assessment of the state of populations of protected plants species in Russko-Polyansky municipal district of Omsk region 158

Microbiology

- Usanina D. I., Pyankova A. A., Plotnikova E. G.* Benzoic acid-degrading halophilic strain *Halomonas* sp. D2 171
- Shilova A. V., Glebov G. G., Maksimova Yu. G.* Morphological aspects of adaptation of the alkalophilic bacteria *Bacillus aequororis* to high salinity and alkalinity of the medium 178

Zoology

- Beresnev V. V., Efimik V. E.* New data on the distribution of *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 in the Perm region 185
- Esyunin S. L., Ukhova N. L., Domolazova A. M.* Structure of spider-harvestman assemblages (Arachnida, Araneae, Opiliones) of model biotopes of Visimskiy natural reserve 191

Ecology

- Gorbunova V. V., Otavina M. L., Lir D. N., Gavrilova I. N., Ogarysheva N. V., Chikhacheva E. B.* Characteristics of physical development of primary school-aged children (Perm, cross-sectional study, 2019) 206
- Meshchurova T. A.* Assessment of the impact of emissions from mobile sources on the incidence of respiratory diseases in the population of the Perm region 212

Immunology

- Lanin D. V., Likhachev K. N., Dolgikh O. V., Sabitova A. A.* Features of the immune status of pupils under the influence of heterogeneous physical factors of a non-ionizing nature 219

БОТАНИКА

УДК 630.1

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-149-157.

И. Т. Кищенко

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ *PINUS* L. В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

Исследования проводились с апреля по октябрь в 1988–2016 гг. в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета (Южная Карелия, подзона средней тайги). Объекты – интродуцированные виды рода *Pinus*: *P. strobus* L., *P. montana* Mill., *P. pumila* (Pall.) Regel., *P. sibirica* Du Tour. Сроки наступления почти всех фенофаз у изученных видов зависят от текущего температурного режима воздуха, состояния среды в течение нескольких предшествующих суток до начала фенофазы, а также от значений основных экологических факторов в период формирования зимующих почек. Между динамикой изученных экологических факторов и сроками наступления фенофаз обнаружена прямолинейная корреляция. Самые ранние сроки начала и окончания фенофаз отмечены у *P. pumila*, а наиболее поздние – у *P. strobus*. Комплексная оценка перспективности видов для введения в культурценозы и озеленения населенных пунктов позволила установить, что к дольню перспективным относятся *P. sibirica*, *P. montana* и *P. pumila* (58–65 баллов), к перспективным (57 баллов) – *P. strobus*.

Ключевые слова: интродукция; *Pinus*; развитие; фенология.

I. T. Kishchenko

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

Seasonal development and perspectivity of introduced species *Pinus* L. in the taiga area (Karelia)

The results of studies carried out in 1988–2016 are presented, from April to October in the Botanical Garden of Petrozavodsk State University (South Karelia, middle taiga subzone). The objects of research were representatives of 4 introduced species of the genus *Pinus*: *P. strobus* L., *P. montana* Mill., *P. pumila* (Pall.) Regel., *P. sibirica* Du Tour. The timing of the onset of almost all phenophases in the species of the genus *Pinus* under study largely depends on the current temperature regime of the air, the state of the environment for several days prior to the beginning of a particular phenophase, and also on the values – of the main environmental factors during the formation of wintering buds of the last year. A straightforward correlation was found between the dynamics of the studied environmental factors and the timing of the onset of phenophases. The earliest dates of the onset and end of phenophases were noted in *P. pumila*, and the latest in *P. strobus*. A comprehensive assessment of the prospects of the studied species made it possible to establish that *P. sibirica*, *P. montana*, and *P. pumila* (58–65 points) are quite promising, and *P. strobus* are promising (57 points). These species can be recommended for introduction into cultural communities and landscaping of settlements with a low degree of pollution by pollutants.

Key words: introduction; *Pinus*; development; phenology.

Введение

Изучению сезонного роста и развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. И это понятно, т. к. познание этих важнейших биологических процессов имеет решающее значение в теории и практике выращивания растений. При этом объектами исследований служат аборигенные и

интродуцированные древесные растения и, в частности, хвойные, многие из которых, в т. ч. и представители рода *Pinus* других географических районов, весьма декоративны и отличаются долговечностью [Встовская, 1983; Плотникова, 1983; Гончарова и др., 2014; Попова, Дорофеева, Попова, 2016]. Кроме того, многие из них отличаются значительно большей продуктивностью, чем местные виды, и нередко способны к натурализации [Бо-

тенков, Попова, 1997; Попова, Дорофеева, Попова, 2016; Мерзленко, Коженкова, Мельник, 2017].

Повышение биологического разнообразия естественных и искусственных фитоценозов, по мнению многих исследователей [Bradshaw, 1995; Esper et al., 2010; Мухина, Александрова, Каштанова, 2014; Фирсов, 2016], возможно только через интродукцию древесных растений. Все это свидетельствует о необходимости интродукции хвойных растений и оценке их перспективности. Последняя может быть установлена лишь на основе всестороннего изучения адаптаций, формирующихся у испытуемых растений в новых условиях [Встовская, 1983; Плотникова, 1983].

Главнейшими процессами, характеризующими состояние интродуцированных растений, являются особенности их роста и развития, которые определяются не только генотипом, но и динамикой экологических факторов [Трулевич, 1991; Шкутко, 1991; Esper et al., 2010; Коропачинский, Встовская, Томашевич, 2011]. Между тем выяснилось, что вопросы развития хвойных интродуцентов изучены далеко не полно и нуждаются в уточнении и дальнейшем изучении. Характер и степень влияния экологических факторов на развитие многих ин-

тродуцированных растений до сих пор не установлены. В Карелии такие детальные исследования до настоящего времени не проводились.

Поэтому цель данной работы – выяснение особенностей развития некоторых интродуцированных видов *Pinus* под влиянием главнейших климатических факторов и оценка их перспективности в условиях средней тайги.

Материалы и методы исследования

Изучение интродуцированных видов хвойных растений проводили в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета. Наблюдения за развитием растений проводили в 1988–2016 гг. Каждый изучаемый вид представлен групповой посадкой из 10–25 деревьев. Условия водного, минерального и светового режимов у всех изучаемых видов одинаковые. Размещение и густота посадок в каждой группе идентичны. Объектами исследований служили 4 интродуцированных вида рода *Pinus*. Посадки граничат с сосняком черничным. Характеристика объектов исследований приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Вид	Место происхождения саженцев (ботсад–город)	Возраст, лет	Средняя высота, м	Наличие семян
<i>Pinus strobus</i> L.	С.–Петербург	26	6.8	нет
<i>P. montana</i> Mill.	Минск	26	1.5	есть
<i>P. pumila</i> (Pall.) Regel.	Иркутск	38	1.2	нет
<i>P. sibirica</i> Du Tour.	С.–Петербург	33	8.2	нет

P. strobus широко распространен на северо-востоке США и в юго-восточных провинциях Канады, а также на французских островах Сен-Пьер и Микелон. На севере ареала растёт на уровне моря, на юге – поднимается на высоту до 1 500 м над ур. м. *P. montana* повсеместно встречается в горах Западной Европы. *P. pumila* широко распространен в Центральной и Восточной Сибири (заходит за Полярный круг), в Приморье, на Дальнем Востоке и Курильских островах. *P. sibirica* образует обширные леса в Западной и Восточной Сибири (заходит в горы на 2 км), встречается на Урале, в Казахстане, на севере Монголии и Китая.

Фенологические наблюдения проводили, используя методические указания Н.Е. Булыгина [1979], через каждые 2–3 сут. Фиксировали время прохождения таких фенофаз, как набухание и разрывание вегетативных почек, начало и окончание линейного роста побегов, опробковение ростовых побегов, обособление хвои на побегах, завершение роста и вызревание, расцветивание и опадение хвои, обособление на побегах почек, набухание и разрывание вегетативных почек, обособление на

побегах стробилов, начало и окончание пыления, смыкание семенных чешуй, созревание шишек и высыпание семян из шишек. Фенофаза считалась наступившей, если она отмечалась не менее чем у 30% побегов всех особей исследуемого вида. Отсутствие данных по развитию репродуктивной сферы у большинства изучаемых видов объясняется сравнительно небольшим возрастом особей, а также большими временными интервалами между семенными годами, не позволяющими использовать статистическую обработку данных.

Оценку перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений проводили по методике П.И. Лапина и С.В. Сидневой [1973]. При этом учитывались такие показатели, как степень ежегодного вызревания побегов, зимостойкость, сохранение габитуса, побегообразовательная способность, регулярность прироста осевых побегов, способность к генеративному развитию, возможность размножения в культуре, общая оценка перспективности.

Климатические данные (суммарная солнечная радиация; атмосферные осадки; среднесуточная,

минимальная и максимальная относительная влажность воздуха; среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха) регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория), расположенной в 3 км к юго-западу от Ботанического сада. Сумму положительных температур рассчитывали как сумму среднесуточных температур с момента перехода температуры через 0° С до начала или прекращения какой-либо фенофазы.

По результатам наблюдений за ростом и развитием растений, а также метеорологических условий, сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей корреляционного и регрессионного методов анализа [Зайцев, 1981, 1984]. Длина корреляционного ряда при изучении развития (число лет) – 28.

Результаты и их обсуждение

Статистическая обработка материалов наблюдений за интродуцентами показала, что при определении среднеарифметической величины прироста побегов ошибка среднего значения составляет 3–5%, а коэффициент вариации – 14–20%; хвои – соответственно 4–5 и 12–17%; фенодат – 5–7 и 20–28%.

Анализ результатов статистической обработки показал, что ошибка средней многолетней величины фенодат весьма незначительна и, как правило, не превышает 1–2 сут. (табл. 2). Лишь у *P. sibirica* и *P. strobus* для фаз окончания линейного роста побегов, расцветивания и опадения хвои ее величина возрастает до 3–7 сут. Наибольшая вари-

бельность фенодат характерна также для этих фенофаз: среднее квадратическое отклонение достигает 12–27 сут. Для остальных фенофаз его величина значительно меньше (3–10 сут.). Изучая развитие различных видов хвойных растений, Н.В. Шкутко [1991] также обнаружил, что погодичная изменчивость сроков начала многих фенофаз может варьировать от 12 до 27 сут. Автор делает вывод, что с усилением степени адаптированности интродуцентов к новым условиям варибельность этих сроков снижается.

Проведенные исследования показали, что ритмика сезонного развития изучаемых видов рода *Pinus* имеет свои специфические особенности (табл. 2). По среднеемноголетним данным, быстрее всего (3–5 V) набухание почек начинается у *P. pumila*, *P. sylvestris* и *P. sibirica*, а у других видов – на 5–8 сут. позже. Линейный рост побегов отмечается через 5–6 сут. после начала набухания почек, причем у *P. strobus* на 3–8 сут. позже, чем у других видов. Этот процесс заканчивается позднее (3–7 VIII) также у вышеупомянутых видов, а у других видов – на 1–3 недели раньше.

Фаза обособления вегетативных почек на побегах скорее всего (14–17 VII) наступает у *P. montana*, *P. pumila* и *P. sibirica*, а у *P. strobus* – позднее (5 VIII). Наиболее ранние сроки (16–17 VII) опробкования оснований побегов отмечаются у *P. pumila* и *P. sibirica*, а у других видов – на 4–8 сут. позже. Процесс опробкования побегов по всей длине у *P. sylvestris* заканчивается уже 8 VIII, у *P. sibirica*, *P. montana* и *P. pumila* – 20–22 VIII, у *P. strobus* – еще на 10 сут. позже.

Таблица 2

Среднеемноголетние среднесуточные значения прохождения фенофаз у видов рода *Pinus*

Фенофазы и статистические показатели		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Набухание вегетативных почек	M±m _M	5 V±1.1	11 V±1.8	11 V±2.6	3 V±0.9
	σ	4.4	7.1	6.1	3.5
Развержение вегетативных почек	M±m _M	1 VI±2.4	6 VI±2.4	30 V±2.6	30 V±1.9
	σ	9.1	9.2	10.2	7.0
Начало линейного роста побегов	M±m _M	10 V±1.1	16 V±1.8	12 V±1.4	8 V±0.9
	σ	4.4	7.1	5.3	3.5
Окончание линейного роста побегов	M±m _M	28 VIII±7.0	3 VIII±3.1	1 VIII±1.5	14 VII±5.1
	σ	27.1	12.0	5.6	19.2
Опробкование оснований побегов	M±m _M	17 VII±0.9	22 VII±1.1	24 VII±1.0	16 VII±0.8
	σ	3.6	4.1	3.9	2.9
Опробкование побегов по всей длине	M±m _M	20 VIII±1.1	2 IX±2.1	20 VIII±1.9	22 VIII±0.9
	σ	4.1	8.1	7.5	3.4
Обособление хвои на побегах	M±m _M	10 VI±1.2	16 VI±2.0	17 VI±1.4	8 VI±2.1
	σ	4.7	7.7	5.5	8.0
Завершение роста и вызревание хвои	M±m _M	12 VII±1.2	21 VII±3.6	19 VII±2.1	14 VII±1.7
	σ	4.7	14.0	8.1	6.4
Расцветивание отмирающей хвои	M±m _M	26 IX±5.2	12 IX±3.7	23 X±1.0	20 X±0.9
	σ	20.2	14.5	3.7	3.4

Окончание табл. 2

Фенофазы и статистические показатели		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Опадение хвои	M± m _M	10 XI±3.7	27 IX±5.9	19 XI±1.6	21 XI±1.4
	σ	20.2	14.5	3.7	3.4
Обособление на побегах почек	M± m _M	17 VII±1.7	5 VII±0.8	14 VII±1.4	16 VII±2.2
	σ	6.6	3.2	5.3	8.3

Примечание. M – среднеарифметическая величина; m_M – ошибка среднеарифметической величины; σ – среднеквадратическое отклонение.

Раньше всего (30 V) разverzание почек происходит у *P. montana* и *P. pumila*, а позже (6–8 VI) – у *P. strobus*. У *P. sibirica* эта фенофаза имеет место 1 VI. Почти одновременно (16–17 VI) начинается обособление хвои у *P. strobus* и *P. montana*, а у других видов – примерно на 1 неделю раньше (8–11 VI). Завершается рост хвои изучаемых видов в июне, причем ранее всех (12–14 VII) – у *P. sibirica* и *P. pumila*, а позже всех (21 VII) – у *P. strobus*. Первыми в фазу расцветивания отмирающей хвои (12–26 IX) вступают *P. strobus* и *P. sibirica*, а другие виды – спустя 3–4 недели. Быстрее всех (27 IX) начинает опадать хвоя у *P. strobus*. У остальных видов эти фенофазы отмечаются на 2–4 недели позже.

Таким образом, приведенные данные показывают, что изучаемые виды рода *Pinus* по особенностям ритмики сезонного развития условно можно разделить на 2 группы: поздно начинающие и заканчивающие (*P. strobus* и *P. montana*) и рано начинающие и заканчивающие развитие (остальные виды). При этом очередность прохождения фенофаз у изучаемых видов сосны из года в год не меняется. Этот вывод согласуется с мнением Н.В. Трулевич [1991] и Е.Н. Репина [1996].

Авторы ряда исследований [Фролова, 1979; Шкутко, 1991; Bradshaw, 1995] убедительно показали, что особенности развития различных видов растений обусловлены их неодинаковой требовательностью к экологическим факторам. Поэтому, определив диапазон толерантности основных фенофаз к экологическим факторам, можно судить о степени адаптации данного вида растений к усло-

виям местообитания. При анализе состояния среды во время начала фенофаз обнаружена очень сильная погодичная вариабельность значений относительной влажности воздуха, атмосферных осадков и суммарной солнечной радиации, что свидетельствует об отсутствии нескольких связей.

Исследованиями установлено, что температурный режим воздуха в момент наступления очередной фенофазы за исследуемый период остается довольно стабильным, заметно отличаясь у изученных видов растений. Так, набухание вегетативных почек у разных видов рода *Pinus* начинается при весьма близких значениях среднесуточной температуры воздуха +6.5...+7.6°C (табл. 3). Однако, если для начала данной фенофазы у *P. pumila* и *P. sibirica* достаточно 94–106°C, то у других видов величина данного показателя в это время должна составлять не менее 143–158°C.

Начало линейного роста побегов при самых низких показателях теплообеспеченности (+6.5...+7.3°C и 137–143°C) отмечается у *P. pumila*. Второе место по данным показателям занимают *P. sibirica* и *P. montana* (+9.4...+9.6°C и 143–158°C), а третье – *P. strobus* (+11.1°C и 190°C). Заканчивается данная фенофаза у всех видов рода *Pinus* почти при одинаковых значениях температуры воздуха – +16.1...+17.0°C. Между тем сумма тепла, накопленного к этому периоду у *P. montana* и *P. strobus*, оказывается примерно на 250°C больше, чем у других видов.

Таблица 3

Среднемноголетние суточные значения экологических факторов во время прохождения фенофаз видов рода *Pinus*

Фенофазы и факторы		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Набухание вегетативных почек	T	7.6	7.5	7.5	6.5
	СПТ	109	158	158	94
	B	63	66	66	67
	O	0.9	0.3	0.3	0.5
	P	307	355	355	350
Разverzание вегетативных почек	T	11.2	11.8	11.3	10.3
	СПТ	374	436	361	348
	B	68	66	75	71
	O	1.7	0.7	3.4	2.1
	P	392	470	362	402
Начало линейного роста побегов	T	9.3	11.1	9.6	6.5
	СПТ	143	190	158	137
	B	63	66	59	67
	O	0.9	0.3	0.8	0.5
	P	340	355	462	350

Окончание табл. 3

Фенофазы и факторы		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Начало линейного роста побегов	T	16.2	16.6	17.0	17.5
	СПТ	1010	1298	1260	980
	B	76	74	80	70
	O	1.0	1.4	1.9	3.5
	P	440	421	410	510
Окончание линейного роста побегов	T	16.4	16.8	16.7	17.1
	СПТ	1027	1112	1149	1021
	B	74	78	76	69
	O	1.7	6.8	6.7	2.9
	P	462	387	426	533
Опробковение оснований побегов	T	11.7	10.1	13.6	13.2
	СПТ	1546	1696	1555	1574
	B	82	85	81	82
	O	2.8	1.3	1.7	2.8
	P	245	263	332	288
Опробковение побегов по всей длине	T	13.3	14.2	12.4	13.3
	СПТ	489	557	571	464
	B	72	67	66	69
	O	2.3	2.5	3.0	1.6
	P	377	465	509	454
Обособление хвои на побегах	T	16.9	15.2	16.0	15.4
	СПТ	947	1080	1057	982
	B	76	78	74	75
	O	3.4	0.9	1.7	1.4
	P	341	344	464	478
Завершение роста и вызревание хвои	T	27.2	10.1	3.1	3.1
	СПТ	1853	1784	1952	1962
	B	83	83	83	83
	O	2.2	0.8	8.4	6.1
	P	915	448	2152	2095
Расцветивание отмирающей хвои	T	4.1	6.3	-2.2	-2.2
	СПТ	1922	1852	1928	1928
	B	84	84	81	81
	O	8.1	8.6	0.2	0.2
	P	2467	1630	489	489
Опадение хвои	T	13.0	16.6	14.1	12.5
	СПТ	580	1343	537	567
	B	68	78	67	69
	O	2.0	3.9	0.6	2.5
	P	404	392	474	415

Примечание. T – температура воздуха, °C; СПТ – сумма положительных температур, °C; B – относительная влажность воздуха, %; O – атмосферные осадки, мм; P – солнечная радиация, кал/см².

Опробковение оснований побегов начинается у всех изучаемых видов сосны при близких значениях температуры воздуха – +16.2...+17.3°C. Однако теплообеспеченность среды к началу данной фенофазы у *P. pumila* и *P. sibirica* примерно на 100°C больше, чем у других видов (табл. 3). Опробковение побегов по всей длине при самой низкой температуре (+10.1°C) наблюдается у *P. strobus*, а при самой высокой (+13.6°C) – у *P. montana*. Соответственно теплообеспеченность среды ко времени завершения этого процесса для первого вида оказывается на 250–350°C больше, чем для других. Развержение вегетативных почек у *P. pumila* происходит при наиболее прохладной погоде – +10.3°C и 348°C, а у *P. strobus* – при наиболее теплой – +11.8°C и 436°C. Близкие к этим данные для Московской области получены ранее

Л.А. Фроловой [1979]. Обособление хвои на побегах начинается при повышении температуры до +12.5...+14.0°C и 464–571°C. При этом максимальные значения данных параметров характерны для *P. strobus* и *P. montana*, а минимальные – для *P. pumila*. Завершение роста и вызревание хвои при наиболее прохладной погоде (+3.1°C и 1952–1962°C) происходит у *P. montana* и *P. pumila*. У других видов данная фенофаза отмечается при гораздо более высоких параметрах среды (+15.2–16.9°C и 947–1080°C). Расцветивание отмирающей хвои у *P. sibirica* и *P. strobus* начинается при снижении температуры до +7.2–10.1°C и накоплении примерно 1800°C. У других видов данная фенофаза отмечается при снижении температуры еще на 4–7°C и увеличении теплообеспеченности почти до 2000°C.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что наименее требовательным к температурному режиму воздуха является *P. pumila*, а наиболее требовательным – *P. strobus*. Зависимость сроков начала и окончания фенологических фаз у видов рода *Pinus* от температурного режима окружающей среды обнаружили ранее В.В. Шестопалова [1982], А.И. Григорьев [1984], С.А. Потапова [1985] и Н.В. Шкутко [1991].

Исследования ряда авторов [Фролова, 1979; Зайцев, 1981] показали, что особенности роста и развития побегов определяются не только текущим, но и предшествующим состоянием среды. Для проверки этого положения изучали влияние факторов среды за текущий период, за предшествующую пятидневку и за период заложения почек возобновления в предшествующую вегетацию. Проведение дисперсионного анализа показало, что влияние условий среды на развитие рода *Pinus* в значительной мере обусловлено периодом воздействия конкретного фактора, а также биологическими особенностями вида. Как свидетельствуют данные табл. 3, текущая температура воздуха оказывает заметное (20–70%) влияние у всех изучаемых видов рода *Pinus* только на фазы опробковения побегов и развития хвои. Влияние других изучаемых факторов за текущий период на развитие растений не установлено.

Исследования позволили установить, что особенности развития изучаемых видов во многом определяются состоянием среды за предшествующие какой-либо фенофазе несколько суток. Обнаружено, что температура воздуха чаще оказывает не очень сильное (20–30%) влияние на фазы набухания и разворачивания почек, а также на начало линейного роста побегов, расцветивание и опадение хвои. Кроме того, данный фактор сказывается и на фазах завершения роста побегов и хвои у *P. sibirica* и *P. strobus*. Зависимость развития растений от влажности воздуха (20–50%) прослеживается, как правило, на всех этапах развития, за исключением фазы обособления почек.

Следует иметь в виду, что влажность воздуха отражается на росте растений не только через изменение интенсивности транспирации. В определенной мере ее значения являются следствием изменения других факторов среды. Так, повышению влажности воздуха способствует снижение интенсивности солнечной радиации (из-за повышения облачности), падение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков. Воздействие данного фактора на развитие *P. sibirica* обнаружено А.И. Видякиным [1979] лишь в начале и конце вегетации. Достоверная зависимость развития растений от атмосферных осадков обнаруживается лишь в некоторые фенофазы. Солнечная радиация влияет (20–45%) на набухание и развер-

вание почек у всех видов, а на развитие хвои – лишь у части из них.

В результате проведенных исследований удалось обнаружить существенное влияние на развитие растений состояния среды в течение месяца до заложения зимующих почек, т. е. в предшествующий вегетационный сезон. К аналогичному выводу в отношении различных видов хвойных растений пришли ряд исследователей [Видякин, 1979; Шкутко, 1991]. При этом нами выявлено, что температура воздуха оказывает влияние (20–40%) у всех видов рода *Pinus* на сроки набухания и разворачивания почек, рост хвои; относительная влажность воздуха – на сроки набухания почек, развития побегов и хвои; атмосферные осадки – на сроки завершения роста хвои; солнечная радиация – на сроки набухания и разворачивания почек, начала роста побегов и обособления хвои.

Анализируя комплексное влияние изучаемых экологических факторов на развитие растений, можно обнаружить, что текущее состояние среды, как правило, определяет изменчивость фенодат на 10–50%, а предшествующее – на 70–90%.

Для того, чтобы судить о направлении, форме и силе связи между экологическими факторами и сроками наступления фенофаз, проводили корреляционный анализ. Оказалось, что данные характеристики могут существенно меняться в зависимости от биологических особенностей вида, специфики конкретной фенофазы и периода воздействия факторов. Результаты исследований показали, что искомая зависимость имеет прямолинейный характер и достоверна почти во всех случаях только в отношении влияния факторов за два изучаемых предшествующих периода. При этом она всегда положительна по направлению, а ее сила в зависимости от вида растения и фенофазы может изменяться в весьма широких пределах ($r = +0.1...+0.9$). Обнаружено, что текущая температура и влажность воздуха по-разному отражаются на развитии разных видов рода *Pinus*. Так, у всех изучаемых видов выявлено отрицательное влияние температуры на сроки окончания роста побегов, их опробковения, расцветивания и опадения хвои. Зависимость сроков наступления этих фенофаз от динамики влажности воздуха у этих видов носит прямо противоположный характер.

Комплексная оценка перспективности изученных видов позволила установить, что к довольно перспективным относятся *P. sibirica*, *Pinus montana* и *P. pumila* (58–65 баллов), к перспективным (57 баллов) – *P. strobus* (табл. 4). Аналогичный вывод в отношении этих видов сделан другими исследователями [Паутова, 2011; Гончарова и др., 2014; Карасева, 2016; Мерзленко, Коженкова, Мельник, 2017].

Таблица 4

Оценка перспективности интродукции видов рода *Pinus*, баллы

Вид	Степень ежегодного вызревания побегов	Зимостойкость	Сохранение габитуса	Побегообразовательная способность	Регулярность прироста осевых побегов	Способность к генеративному развитию	Возможность размножения в культуре	Общая оценка перспективности
<i>P. strobus</i>	17	22	10	4	5	0	0	57
<i>P. montana</i>	20	25	10	5	5	5	0	70
<i>P. pumila</i>	20	25	10	5	5	0	0	65
<i>P. sibirica</i>	20	25	10	5	5	0	0	65

Выводы

1. Сроки наступления почти всех фенофаз у изученных видов рода *Pinus* в значительной мере зависят от текущего температурного режима воздуха, состояния среды в течение нескольких предшествующих суток до начала той или иной фенофазы, а также от значений основных экологических факторов в период формирования зимующих почек прошлого года.

2. Между динамикой изучаемых экологических факторов и сроками наступления фенофаз обнаружена прямолинейная корреляция. Ее направление и сила определяются биологическими особенностями видов, периодом воздействия факторов и спецификой самой фенофазы. Самые ранние сроки начала и окончания фенофаз отмечены у *P. pumila*, а наиболее поздние – у *P. strobus*.

3. Комплексная оценка перспективности изученных видов позволила установить, что к довольно перспективным относятся *P. sibirica*, *P. montana* и *P. pumila* (58–65 баллов), к перспективным (57 баллов) – *P. strobus*. Эти виды могут быть рекомендованы для введения в культуру ценозы и озеленения населенных пунктов с низкой степенью загрязнения поллютантами.

Список литературы

Ботенков В.Н., Попова В.Е. Интродукция высокопродуктивных пород в Сибири // Лесное хозяйство. 1997. № 5. С. 44.

Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л.: Наука, 1979. 97 с.

Видякин А.И. О сезонном развитии сосны обыкновенной разного географического происхождения // Лесной журнал. 1979. № 6. С. 107–108.

Встовская Т.Н. Интродукция древесных растений Дальнего Востока и Западной Сибири. Новосибирск, 1983. 196 с.

Гончарова О.А. и др. Сезонное развитие интродуцированных видов *Pinus L.* в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте. Апатиты,

2014. 11 с. Деп. в ВИНТИ РАН, № 17-В2014, 14.01.2014.

Григорьев А.И. Биоэкологические особенности видов сосны, интродуцированных в Северный Крым // Труды Никитского ботанического сада. 1984. Вып. 92. С. 34–39.

Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 119 с.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Карасева Т.А. Изучение вопроса введения лиственницы сибирской в искусственные насаждения лесов Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 7–79.

Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томашевич Н.А. Очередные задачи интродукции в Азиатской России // Сибирский экологический журнал. 2011. № 2. С. 147–170.

Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–68.

Мерзленко М.Д., Коженкова А.А., Мельник П.Г. Рост хвойных интродуцентов в Западном Подмосковье // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 86–90.

Мухина Л.Н., Александрова М.С., Каутанова О.А. Комплексная оценка состояния лиственницы (*Larix Mill.*) в дендрарии ГБС РАН // Бюллетень Главного ботанического сада. 2014. № 3. С. 39–47.

Паутова Н.В. Интродукция семейства *Pinaceae* Lindl. в условиях Европейского Северо-Востока // Вестник ИрГСХА. 2011. Т. 6, № 44. С. 102–110.

Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесных растений флоры СССР: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1983. 52 с.

Попова В.Т., Дорофеева В.Д., Попова А.А. Оценка перспективности некоторых видов хвойных растений для интродукции в условиях Центрального Черноземья // Труды Санкт-Петербур-

- бургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 4. С. 89–97.
- Потанова С.А. Динамика роста побегов интродуцированных видов сосен // Бюллетень ГБС АН СССР. 1985. Вып. 137. С. 28–31.
- Репин Е.Н. Влияние термического фактора на вегетацию сосен в дендрарии Горнотаежной станции // Биологические исследования на Горнотаежной станции ДВО РАН. 1996. Вып. 3. С. 66–78.
- Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растения. М., 1991. 214 с.
- Фирсов Г.А. Коллекция хвойных Ботанического сада Петра Великого БИН РАН в начале XXI в. // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы Шестой Междунар. науч. конф. СПб., 2016. С. 275–279.
- Фролова Л.А. Влияние температуры на сезонное развитие сосен в Ботаническом саду МГУ на Ленинских горах // Термический фактор в развитии растений различных географических зон: материалы Всесоюз. конф. М., 1979. С. 37–39.
- Шестопалова В.В. Итоги интродукции сосновых (*Pinaceae* Lindl.) на Среднерусской возвышенности и перспективы их использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1982. 22 с.
- Шкутко Н.В. Хвойные Белоруссии. М., 1991. 263 с.
- Bradshaw W.R.H. The origins and dynamics of native forest ecosystems: Backerounyd tho the use of exotic species in forestry // Pap. 9th Annu. Meet. Nord. Group Forest Genet. and Free Breed., Hallormsstadur (June 12–16, 1996). Buvisindi, 1995. № 9. P. 7–115.
- Esper J. et al. Trends and uncertainties in Siberian indicators of 20th century warming // *Global Change Biology*. 2010. № 16. P. 386–398.
- References**
- Botenkov V.N., Popova V.E. [Introduction of highly productive breeds in Siberia]. *Lesnoe chozjajstvo*. N 5 (1997): pp. 44. (In Russ.).
- Bulygin N.E. *Fenologičeskie nabljudenija nad drevesnymi rastenijami* [Phenological observations of woody plants]. Leningrad, Nauka Publ., 1979. 97 p. (In Russ.).
- Vidyakin A.I. [On the seasonal development of Scots pine of different geographical origin]. *Lesnoj žurnal*. N 6 (1979): pp. 107–108. (In Russ.).
- Vstovskaya T.N. *Introdukcija drevesnyh rastenij Dal'nego Vostoka i Zapadnoj Sibiri* [Introduction of woody plants of the Far East and Western Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983. 196 p. (In Russ.).
- Goncharova O.A., Poloskova E.Yu., Saltykova S.A., Lipponen I.N. *Sezonnoe razvitie introducirovannyh vidov Pinus L. v Poljarno-al'pijskom botaničeskom sadu-institute* [Seasonal development of introduced species of *Pinus* L. in the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute]. Apatity, 2014. 11 p. Deposited manuscript No. 17-B2014 01/14/2014. (In Russ.).
- Grigoriev A.I. [Bioecological features of pine species introduced to the Northern Crimea]. *Trudy Nikitskogo botaničeskogo sada*. Iss. 92 (1984): pp. 34–39. (In Russ.).
- Zaitsev G.N. *Fenologija drevesnyh rastenij* [Phenology of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 119 p. (In Russ.).
- Zaitsev G.N. *Matematičeskaja statistika v èksperimental'noj botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p. (In Russ.).
- Karaseva T.A. [Study of the introduction of Siberian larch into artificial plantations of forests of the Altai Territory]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. N 9 (143) (2016): pp. 7–79. (In Russ.).
- Koropachinsky I.Yu., Vstovskaya T.N., Tomashevich N.A. [The next tasks of introduction in Asian Russia]. *Sibirskij èkologičeskij žurnal*. N 2 (2011): pp. 147–170. (In Russ.).
- Lapin P.I., Sidneva S.V. [Evaluation of the prospects for the introduction of woody plants according to visual observations]. *Opyt introdukcii drevesnyh rastenij* [Experience in the introduction of woody plants]. Moscow, 1973, pp. 7–68. (In Russ.).
- Merzlenko M.D., Kozhenkova A.A., Melnik P.G. [Growth of coniferous introduced species in the Western Moscow region]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. N 5 (151) (2017): pp. 86–90. (In Russ.).
- Mukhina L.N., Aleksandrova M.S., Kashtanova O.A. [Comprehensive assessment of the state of larch (*Larix* Mill.) in the arboretum of the GBS RAN]. *Bjulleten' Glavnogo botaničeskogo sada*. N 3 (2014): pp. 39–47.
- Pautova N.V. [Introduction of the Pinaceae Lindl family. In the conditions of the European North-East]. *Vestnik IrGSHA*. V. 6, N 44 (2011): pp. 102–110. (In Russ.).
- Plotnikova L.S. *Nauchnye osnovy introdukcii i ochrany drevesnyh rastenij flory SSSR* [Scientific bases of introduction and protection of woody plants of flora of the USSR]. Aftoref. dis. ... doct. biol. sciences. Moscow, 1983. 52 p. (In Russ.).
- Popova V.T., Dorofeeva V.D., Popova A.A. [Assessment of the prospects of some species of conifers for introduction in the conditions of the Central Black Earth Region]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo naučno-issledovatel'skogo instituta lesnogo chozjajstva*. N 4 (2016): pp. 89–97. (In Russ.).
- Potapova S.A. [Growth dynamics of shoots of introduced pine species]. *Bjulleten' Glavnogo*

- botaničeskogo sada*. Iss. 137 (1985): pp. 28-31. (In Russ.).
- Repin E.N. [Influence of the thermal factor on the vegetation of pines in the arboretum of the Mountain taiga station]. *Biologičeskie issledovanija na Gornotaežnoj sancii DVO RAN*. Iss. 3 (1996): pp. 66-78. (In Russ.).
- Trulevich N.V. *Èkologo-fitocenotičeskie osnovy introdukcii rastenija* [Ecological and phytocenotic foundations of plant introduction]. Moscow, 1991. 214 p. (In Russ.).
- Firsov G.A. [Collection of conifers of the Botanical Garden of Peter the Great, BIN RAS at the beginning of the XXI century]. *Biologičeskoe raznoobrazie. Introdukcija rastenij*. [Biological diversity. Introduction of plants: materials of the Sixth International Scientific Conference]. St-Peterburg, 2016, pp. 275-279. (In Russ.).
- Frolova L.A. [Influence of temperature on the seasonal development of pines in the Botanical Garden of Moscow State University on the Lenin Hills]. *Termičeskij faktor v razvitii rastenij različnykh geografičeskich zon. Mater. Vses. konf.* [Thermal factor in the development of plants in different geographical zones. Mater. Vses. conf.]. Moscow, 1979, pp. 37-39. (In Russ.).
- Shestopalova V.V. *Itogi introdukcii sosnovykh (Pinaceae Lindl.) na Srednerusskoj vozvyšennosti i perspektivy ich ispol'zovanija* [Results of the introduction of pine (Pinaceae Lindl.) on the Central Russian Upland and the prospects for their use. Dis. ... cand. biol. sciences. Kiev, 1982. 22 p. (In Russ.).
- Shkutko N.V. *Hvojnye Belorussii* [Conifers of Belarus]. Moscow, 1991. 263 p. (In Russ.).
- Bradshaw W.R.H. The origins and dynamics of native forest ecosystems: Backerounyd tho the use of exotic species in forestry. Pap. 9th Annu. Meet. Nord. Group Forest Genet. and Free Breed., Halmormsstadur (June 12-16, 1996). Buvisindi. 1995, N 9, pp. 7-115.
- Esper J., Frank D.C., Buntgen U. et al. Trends and uncertainties in Siberian indicators of 20th century warming. *Global Change Biology*. N 16 (2010): pp. 386-398.

Поступила в редакцию 11.05.2021

Об авторе

Кищенко Иван Тарасович, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений, член-корр. РАН
ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет»
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1039-1020>
185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33;
ivanki@karelia.ru; +79535275529

About the author

Kishchenko Ivan Tarasovich, doctor of biology, professor of the Department of Botany and Plant Physiology, corresponding member RAE
Petrozavodsk State University.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1039-1020>
185910, Russia, Petrozavodsk, pr. Lenin, 33;
ivanki@karelia.ru; +79535275529

Информация для цитирования:

Кищенко И.Т. Сезонное развитие и перспективность интродуцированных видов *Pinus L.* в таежной зоне (Карелия) // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 149–157. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-149-157.

Kishchenko I.T. [Seasonal development and perspectivity of introduced species *Pinus L.* in the taiga area (Karelia)]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 149-157. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-149-157.

УДК 502.02 (57)

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-158-170.

Н. В. Пликина, А. Н. Ефремов, Г. В. Самойлова

Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В РУССКО-ПОЛЯНСКОМ МУНИЦИПАЛЬНОМ РАЙОНЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты мониторинга популяций редких и охраняемых видов растений Омской обл. на территории Русско-Полянского муниципального р-на. Всего в ходе исследований обнаружено 210 ценопопуляций 32 видов охраняемых растений. Впервые в районе выявлены местонахождения 20 видов, охраняемых на региональном уровне: *Adonis villosa*, *A. volgensis*, *Allium clathratum*, *Alyssum lenense*, *Astragalus buchtormensis*, *A. stenoceras*, *Dianthus ramosissimus*, *Ephedra distachya*, *Fritillaria meleagroides*, *Hedysarum gmelinii*, *Iris halophila*, *I. humilis*, *Linum perenne*, *Orostachys spinosa*, *Puccinellia gigantea*, *Ranunculus polyrhizos*, *Stipa lessingiana*, *Tanacetum millefolium*, *Tulipa patens*, *Valeriana tuberosa*. Два вида растений (*Stipa pennata*, *S. zaleskii*) имеют статус федеральных охраняемых объектов. Выявлено 3 участка, где сосредоточено максимальное количество охраняемых видов в естественных местообитаниях, рекомендуемых для создания особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения.

Ключевые слова: Красная книга; редкие виды; новые местонахождения; Омская область.

N. V. Plikina, A. N. Efremov, G. V. Samoylova

Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russian Federation

Assessment of the state of populations of protected plants species in Russko-Polyansky municipal district of Omsk region

The results of monitoring the populations of protected plant species of the Omsk region in the territories of Russko-Polyansky municipal district are presented. During the research 210 cenopopulations of 32 of protected plants species were found in total. The locations of 20 protected species at the regional level were identified at the studied district for the first time: *Adonis villosa*, *A. volgensis*, *Allium clathratum*, *Alyssum lenense*, *Astragalus buchtormensis*, *A. stenoceras*, *Dianthus ramosissimus*, *Ephedra distachya*, *Fritillaria meleagroides*, *Hedysarum gmelinii*, *Iris halophila*, *I. humilis*, *Linum perenne*, *Orostachys spinosa*, *Puccinellia gigantea*, *Ranunculus polyrhizos*, *Stipa lessingiana*, *Tanacetum millefolium*, *Tulipa patens*, *Valeriana tuberosa*. Two species (*Stipa pennata*, *S. zaleskii*) have considered as federal protected objects. Three sites were identified where the maximum number of protected species in natural habitats is concentrated, one of them has now received the status of a specially protected natural area of local and regional significance.

Key words: Red Book; rare species; new locations; Omsk region.

Введение

Одной из первоочередных задач охраны биоразнообразия являются инвентаризация и мониторинг состояния и динамики популяций редких и охраняемых видов. В Омской обл. на региональном уровне охрана объектов растительного мира (растений, лишайников и грибов) регламентирована следующими нормативно-правовыми актами: Указом губернатора Омской области № 44 «О Красной книге Омской области», Постановлением Правительства Омской области «Об утверждении Порядка ведения Красной книги Омской области и Перечней редких и находящихся под угрозой ис-

чезновения растений, животных и других организмов, занесенных в Красную книгу Омской области» [О Красной ..., 2005; Об утверждении Порядка ..., 2005].

Материалы и методы

Исследования на территории Русско-Полянского муниципального р-на были выполнены в ходе реализации государственного контракта, заключенного между Министерством природных ресурсов и экологии Омской области и ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет».

Район расположен в пределах степной зоны (подзона разнотравно-злаковых степей) на границе с Республикой Казахстан, площадь муниципального образования составляет 3 300 км².

Существенное внимание было уделено анализу ретроспективных литературных [Бекишева, 1996; Бекишева и др., 2003, 2009; Ефремов и др., 2013], архивных неопубликованных и коллекционных (гербарий Омского государственного педагогического университета, OMSK) данных. Основной объем полевых исследований выполнен маршрутным методом в мае–июле 2011 и 2013–2014 гг. Проведен учет численности популяций, собран фактический материал по оценке их современного состояния и распространению. Полевые исследования выполнялись на ключевых участках площадью до 25 км² пешими и автомобильными маршрутами, пропорционально охватывающими характерные местообитания. Протяженность сети пеших маршрутных ходов составила более 110 км. Методической основой послужили следующие руководства: Полевая геоботаника [1959–1968], Ценопопуляции растений [1976], И.В. Бекишева, Б.Ф. Свириденко, А.Н. Ефремов [2008], Ю.А. Злобин, В.Г. Скляр, А.А. Клименко [2013].

Для каждой находки приведена следующая информация: название ближайшего населенного пункта, направление и расстояние от него (с использованием GPS навигатора Garmin eTrex 10), растительное сообщество, дата полевых наблюдений, фенологическая фаза, абсолютная или относительная численность, фамилии коллекторов. В качестве счетной единицы выступали отдельные экземпляры (особи) у вегетативно малоподвижных видов или клоны у компактных короткокорневищных растений. В тех случаях, когда численность особей была достаточно высока и учет отдельных особей был невозможен (полицентрические, длиннокорневищные виды и пр.), оценка численности приведена в виде проективного покрытия вида (ПП).

Результаты и их обсуждение

В ходе выполненных исследований на территории Русско-Полянского муниципального р-на Омской обл. выявлены новые местонахождения охраняемых видов, сведения о которых приведены ниже. Фамилии коллекторов даны в сокращении: НП – Н.В. Пликина, АЕ – А.Н. Ефремов, ГС – Г.В. Самойлова, СК – С.У. Кожакметова.

***Adonis villosa* Ledeb.** – адонис пушистый: с. Бузан, 7.3 км северо-восточнее, котловина оз. Алабота, землянично-вейниковый остепненный луг, 18.05.2014, начало плодоношения, 3 экз., АЕ, НП, ГС; с. Жуковка, 3.5 км северо-восточнее (урочище Байконды), овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 8 экз.,

АЕ, НП, ГС; там же, 3.5 км северо-восточнее, овсяническая степь, 09.05.2013, полное цветение, 23 экз., АЕ, НП; там же, 0.4 км юго-западнее, овсяническая степь, 13.06.2014, плодоношение, 5 экз., АЕ, НП.

***Adonis volgensis* Steven ex DC.** – адонис волжский: с. Бузан, 6.3 км восточнее, котловина оз. Алабота, овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; с. Жуковка, 0.6 км юго-западнее, полынно-овсяническая степь, 26.04.2014, начало цветения, ПП 5–7%, АЕ, НП, ГС; там же, 0.7–0.8 км юго-западнее, полынно-овсяническая степь, 26.04.2014, начало цветения, 6 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 1.2 км юго-западнее, полынно-овсяническая степь, 26.04.2014, начало цветения, ПП 5%, АЕ, НП, ГС; там же, 1.3 км юго-западнее, полынно-овсяническая степь, 26.04.2014, начало цветения, 4 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 4.4 км восточнее (урочище Байконды), овсяническая степь, 09.05.2013, конец цветения – начало плодоношения, ПП 1–2%, АЕ, НП; там же, 0.5 км западнее, овсяническая степь, 09.05.2013, конец цветения – начало плодоношения, ПП 1–2%, АЕ, НП; там же, 0.7 км западнее, овсяническая степь, 09.05.2013, полное цветение, 15 экз., АЕ, НП; там же, 1 км юго-западнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 23.05.2010, цветение, 25 экз., НП, СК.

***Allium clathratum* Ledeb.** – лук решетчатый: с. Жуковка, 3.6 км северо-восточнее (урочище Байконды), овсяничево-полынная (*Arenaria austriaca*) степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС.

***Allium flavescens* Besser** – лук желтеющий: с. Бузан, 7.3 км северо-восточнее, котловина оз. Алабота, овсяничево (*Festuca ovina*)-осочковая (*Carex praecox*) степь, 18.05.2014, начало вегетации, 3 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 7.3 км северо-восточнее, овсяничево (*Festuca ovina*)-осочковая (*Carex praecox*) степь, 19.07.2014, конец цветения, 3 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 6.9 км восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 23 экз., АЕ, НП; там же, 7.4 км северо-восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 15 экз., АЕ, НП; там же, 7.3 км северо-восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 17 экз., АЕ, НП; с. Калинино, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, склон западной экспозиции, ковыльная (*Stipa lessingiana*) степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 12 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 10 км севернее, овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 3 экз., АЕ, НП; там же, 10 км

севернее, разнотравно-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 4 экз., АЕ, НП; там же, 10.1 км севернее, овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 4 экз., АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, у водохранилища, опустыненная петрофитная полынно (*Artemisia schrenkiana*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 18 экз., АЕ, НП.

Allium praescissum Rehb. – лук предвиденный: с. Жуковка, 3.6 км северо-восточнее (урочище Байконды), полынно (*Artemisia frigida*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 6 экз., АЕ, НП.

Alyssum lenense Adams – бурачок ленский: с. Калинино, 10 км северо-восточнее, надпойменная терраса р. Тлеусай, опустыненная овсяничево (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 7 экз., АЕ, НП; там же, 10.1 км северо-восточнее, опустыненная ковыльно (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 24 экз., АЕ, НП; там же, 10.2 км северо-восточнее, опустыненная овсяничево (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 7 экз., АЕ, НП; там же, 10.2 км северо-восточнее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 13 экз., АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, у водохранилища, опустыненная петрофитная полынно (*Artemisia schrenkiana*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 12 экз., АЕ, НП.

Astragalus buchtormensis Pall. – астрагал бухтарминский: с. Жуковка, 4.1 км северо-восточнее (урочище Байконды), овсяничево-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 1 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 5.4 км юго-восточнее, полынно (*Artemisia austriaca*)-овсяницевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 14 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 5.4 км юго-восточнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-злаковая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 7 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 4.3 км восточнее, ковыльная (*Stipa pennata*) степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 7 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 0.5 км юго-западнее, овсяницевая степь, 13.06.2014, конец цветения – начало плодоношения, 5 экз., АЕ, НП; там же, 1 км юго-западнее, ковыльно-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 16.05.2010, цветение, 5 экз. НП, СК; с. Калинино, 10.3 км севернее, овсяницевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 27 экз.,

АЕ, НП, ГС; там же, 10.1 км севернее, овсяницевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 2 экз., АЕ, НП, ГС.

Astragalus macropus Bunge – астрагал длинноножковый: с. Жуковка, 5.4 км юго-восточнее (урочище Байконды), полынно-овсяницевая степь, 18.05.2014, начало цветения, 13 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 5.4 км юго-восточнее, опустыненная овсяницевая степь, 18.05.2014, начало цветения, 25 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 0.5 км северо-западнее, овсяницевая степь, 13.06.2014, конец цветения – начало плодоношения, 10 экз., АЕ, НП; там же, 5.2 км юго-восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 35 экз., АЕ, НП; там же, 0.2 км западнее, ковыльно-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 04.06.2011, цветение, 17 экз., НП, СК.

Astragalus stenoceras С.А. Meyer – астрагал узкорогий: с. Жуковка, 5.4 км юго-восточнее (урочище Байконды), полынно-овсяницевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 2 экз., АЕ, НП, ГС.

Astragalus tenuifolius L. – астрагал тонколистный: с. Жуковка, 5.4 км юго-восточнее (урочище Байконды), полынно-овсяницевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 4 экз., АЕ, НП, ГС; с. Калинино, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, склон западной экспозиции, ковыльная (*Stipa lessingiana*) степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 6 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 10 км северо-восточнее, опустыненная овсяничево (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, цветение, ПП 5–7%, АЕ, НП; там же, 10.1 км северо-восточнее, опустыненная ковыльно (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, плодоношение, ПП 3–5%, АЕ, НП; там же, 10.2 км северо-восточнее, надпойменная терраса р. Тлеусай, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, ПП 2–3%, АЕ, НП.

Atraphaxis frutescens (L.) K. Koch – курчавка кустарниковая: с. Калинино, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, овсяницевая (*Festuca pseudovina*) опустыненная степь, 19.07.2014, цветение, 4 экз., АЕ, НП; там же, 10 км северо-восточнее, опустыненная полынно (*Artemisia frigida*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 7 экз., АЕ, НП; там же, 10 км северо-восточнее, опустыненная овсяничево (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, цветение, ПП 1–2%, АЕ, НП; там же, 10.1 км северо-восточнее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*, *F. valesiaca*) степь, 19.07.2014, цветение, ПП 2–3%, АЕ, НП;

там же, 10.1 км северо-восточнее, опустыненная ковыльню (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) кантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, цветение, ПП 2–3%, АЕ, НП; там же, 10.2 км северо-восточнее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 8 экз., АЕ, НП; там же, 10 км севернее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 18 экз., АЕ, НП; там же, 10.1 км севернее, овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 6 экз., АЕ, НП; там же, 10.3 км севернее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, ПП 1%, АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, склон надпойменной террасы р. Тлеусай, у водохранилища, опустыненная петрофитная ковыльню (*Stipa lessingiana*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, ПП 3–5%, АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, у водохранилища, опустыненная петрофитная полынно (*Artemisia schrenkiana*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 18 экз., АЕ, НП.

***Centaurea adpressa* Ledeb.** – василек прижаточешуйчатый: с. Хлебодаровка, 9.1 км юго-западнее (у дороги), овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 12 экз., АЕ, НП; с. Калинино, 10.5 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, ковыльню-овсяницевая степь, 19.07.2014, цветение, ПП 1%, АЕ, НП.

***Dianthus leptopetalus* Willd.** – гвоздика узколепестная: с. Калинино, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, разнотравно-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 4 экз., АЕ, НП; там же, 10 км севернее, склон западной экспозиции, овсяницево-ковыльная степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 10.5 км севернее, разнотравно-ковыльная степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 3 экз., АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, у водохранилища, опустыненная петрофитная полынно (*Artemisia schrenkiana*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 7 экз., АЕ, НП; с. Жуковка, 5.2 км юго-восточнее (урочище Байконды), ковыльная (*Stipa lessingiana*, *S. zalesski*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 1%, АЕ, НП; там же, 5.2 км юго-восточнее (урочище Байконды), полынно (*Artemisia frigida*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, конец цветения – начало плодоношения, 7 экз., АЕ, НП.

***Dianthus ramosissimus* Pall. ex Poir.** – гвоздика сильноветвистая: с. Бузан, 6.9 км восточнее, котловина оз. Алабота, полынно (*Artemisia frigida*)-овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь,

19.07.2014, цветение, 3 экз., АЕ, НП, ГС.

***Ephedra distachya* L.** – хвойник двуколосковый: с. Хлебодаровка, 7.8 км юго-западнее, опустыненная овсяницевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 12 экз., АЕ, НП, ГС; с. Калинино, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, склон западной экспозиции, овсяницевая степь, 18.05.2014, спороношение, 54 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 10.2 км северо-восточнее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация, 18 экз., АЕ, НП; там же, 10.1 км севернее, овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация, ПП 1–2%, АЕ, НП; там же, 10 км севернее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация, 7 экз., АЕ, НП; там же, 10.1 км севернее, опустыненная петрофитная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, семяношение (мужские и женские особи), ПП 2–3%, АЕ, НП; там же, 10.3 км севернее, опустыненная овсяницевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация, ПП 2–3%, АЕ, НП.

***Fritillaria meleagroides* Patr. ex Schult. & Schult. f.** – рябчик шахматовидный: с. Жуковка, 0.5 км западнее, спирейно-злаковый луг, 09.05.2013, начало цветения, ПП 1–2%, АЕ, НП; там же, 0.3 км южнее, злаково-полынно-разнотравный солонцеватый луг, 23.05.2011, цветение, 57 экз., НП, СК.

***Hedysarum gmelinii* Ledeb.** – копеечник Гмелина: с. Калинино, 10.1 км северо-восточнее, склон надпойменной террасы р. Тлеусай, осыпь, разнотравно-овсяницевая степь, 19.07.2014, полное цветение, 4 экз., АЕ, НП.

***Iris halophila* Pall.** – ирис солелюбивый: с. Бузан, 7.3 км северо-восточнее, котловина оз. Алабота, солонцеватая овсяницевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 6 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 6.5 км восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-злаковая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 8 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 6.3 км восточнее, полынно-овсяницевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 12 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 6.3 км восточнее, овсяницевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 3 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 3.6 км восточнее, солонцеватая полынно-овсяницевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 10 экз., АЕ, НП, ГС; с. Жуковка, 3.5 км северо-восточнее (урочище Байконды), овсяницево-ковыльная (*Stipa capillata*) степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 25 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 3.6 км северо-восточнее, овсяницево-ковыльная (*Stipa capillata*) степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 3.7 км северо-восточнее, ковыльню-злаковая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 3.9 км северо-восточнее, солонцеватая полынно-овсяницевая

степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 4.3 км восточнее, овсянищевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; 3.5 км северо-восточнее, овсянищевая степь, 09.05.2013, вегетация до цветения, ПП 3%, АЕ, НП; там же, 3.7 км северо-восточнее, овсянищевая опустыненная степь, 09.05.2013, вегетация до цветения, 7 экз., АЕ, НП; там же, 0.2 км южнее, разнотравно-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 04.06.2011, цветение, 17 экз., НП, СК; с. Хлебодаровка, 9.1 км юго-западнее, овсянищевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; 9.1 км юго-западнее, овсянищевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 3 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 8.9 км юго-западнее, овсянищевая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 9.1 км юго-западнее (у дороги), овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, 1 экз., АЕ, НП; там же, 9.6 км юго-западнее, овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, 2 экз., АЕ, НП.

***Iris humilis Georgi* – ирис низкий:** с. Бузан, 6.9 км восточнее, котловина оз. Алабота, овсянищевая-ковыльная (*Stipa capillata*) степь, 18.05.2014, полное цветение, 3 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 6.5 км восточнее, овсянищевая-ковыльная (*Stipa lessingiana*) степь, 18.05.2014, полное цветение, 7 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 6.3 км восточнее, полынно-овсянищевая степь, 18.05.2014, полное цветение, 22 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 7.3 км северо-восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 2–3%, АЕ, НП; с. Калинино, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, склон западной экспозиции, ковыльная (*Stipa lessingiana*) степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 42 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 10 км северо-восточнее, опустыненная полынно (*Artemisia frigida*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 5–7%, АЕ, НП; там же, 10.2 км северо-восточнее, опустыненная овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 3–5%, АЕ, НП; там же, 10.1 км севернее, овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 5–7%, АЕ, НП; там же, 10 км севернее, опустыненная овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 3–5%, АЕ, НП; там же, 10.3 км севернее, опустыненная овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 7–10%, АЕ, НП; там же, 10.4 км севернее, ковыльная степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 3%, АЕ, НП; с. Озерное, 1.8 км юго-восточнее,

котловина оз. Жарылдыколь, опустыненная овсянищевая (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia frigida*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 1–2%, АЕ, НП.

***Linum perenne L.* – лен многолетний:** с. Жуковка, 3.9 км северо-восточнее (урочище Байконды), полынно (*Artemisia austriaca*)-овсянищевая степь, 18.05.2014, бутонизация, 12 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 4.1 км северо-восточнее, полынно (*Artemisia austriaca*)-овсянищевая степь, 18.05.2014, бутонизация, 13 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 5.4 км юго-восточнее, полынно-овсянищевая степь, 18.05.2014, начало цветения, 14 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 5.4 км юго-восточнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-злаковая степь, 18.05.2014, начало цветения, 12 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 4.4 км восточнее, овсянищевая степь, 18.05.2014, начало цветения, ПП 2–5%, АЕ, НП, ГС; там же, 4.3 км восточнее, ковыльная (*Stipa pennata*) степь, 18.05.2014, бутонизация, ПП 5–7%, АЕ, НП, ГС; там же, 5.2 км юго-восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 3.6 км северо-восточнее, полынно (*Artemisia frigida*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, плодоношение, ПП 1–2%, АЕ, НП; с. Калинино, 10.1 км северо-восточнее, надпойменная терраса р. Тлеусай, опустыненная ковыльно (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, плодоношение, 12 экз., АЕ, НП; там же, 10.1 км северо-восточнее, опустыненная ковыльно (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, плодоношение, ПП 3–5%, АЕ, НП.

***Lotus sergievskiae Kamelin & Kovalevsk.* – лядвенец Сергиевской:** с. Озерное, 0.9 км южнее, котловина оз. Жарылдыколь, полынно (*Artemisia nitrosa*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, цветение, 2 экз., АЕ, НП.

***Nepeta ucranica L.* – котовник украинский:** с. Жуковка, 0.3 км юго-западнее, разнотравно-полынно-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 07.06.2010, цветение, 25 экз., НП, СК; там же, 0.2 км северо-западнее, разнотравно-полынно-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 05.06.2010, цветение, 11 экз., НП, СК.

***Orostachys spinosa (L.) С.А. Мей.* – горноколосник колючий:** с. Калинино, 10.6 км севернее, склон надпойменной террасы р. Тлеусай, у водохранилища, опустыненная петрофитная ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация до цветения, 45 экз., АЕ, НП.

***Puccinellia gigantea (Grossh.) Grossh.* – бескильница гигантская:** с. Алабота, 1.7 км запад-

нее, котловина оз. Камдыколь, овсяницево (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, плодоношение, ПП 1–2%, АЕ, НП.

***Ranunculus polyrhizos* Stephan ex Willd.** – лютик многокорневой: с. Жуковка, 4 км восточнее (урочище Байконды), котловина озера без названия, холоднополынно-овсяническая степь, 09.05.2013, АЕ, НП.

***Stipa lessingiana* Trin. & Rupr.** – ковыль Лессинга: с. Бузан, 7.3 км северо-восточнее, котловина оз. Алабота, ковыльно-злаковая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 10–15%, АЕ, НП, ГС; там же, 7.3 км северо-восточнее, ковыльно-злаковая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 5–10%, АЕ, НП, ГС; там же, 6.5 км восточнее, холоднополынно-злаковая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 2–5%, АЕ, НП, ГС; с. Тамчилик, 0.7 км северо-восточнее, полынно-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 13 экз., АЕ, НП, ГС; с. Новосанжаровка, 1.9 км северо-восточнее, полынно-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 2 экз., АЕ, НП, ГС; с. Жуковка, 5.4 км юго-восточнее (урочище Байконды), полынно-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 3–5%, АЕ, НП, ГС; там же, 5.4 км юго-восточнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-злаковая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 20%, АЕ, НП, ГС; там же, 5.2 км юго-восточнее, ковыльная (*Stipa lessingiana*, *S. zaleski*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 20%, АЕ, НП; там же, 1.7 км южнее, ковыльно-овсяническая степь, вдоль лесополосы, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 0.2 км западнее, разнотравно-ковыльно-овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 04.06.2011, плодоношение, 17 экз., НП, СК; с. Бурле, 7.8–8.1 км юго-западнее, у разобранного железнодорожного полотна, полынно-овсяническая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 5%, АЕ, НП, ГС; там же, 9.4 км юго-западнее, у разобранного железнодорожного полотна, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсяническая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 45–50%, АЕ, НП, ГС; с. Озерное, 1.8 км юго-восточнее, котловина оз. Жарылдыколь, опустыненная овсяницево (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 1–2%, АЕ, НП; с. Калинино, 8 км северо-восточнее, овсяническая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 2–5%, АЕ, НП, ГС; там же, 10.3 км севернее, овсяническая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 2–3%, АЕ, НП, ГС; там же, 10 км севернее, овсяницево-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 18.05.2014, начало цветения, ПП 10–15%, АЕ, НП, ГС; там же,

10.3 км северо-западнее, овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 3–5%, АЕ, НП, ГС; там же, 10.2 км северо-западнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 20%, АЕ, НП, ГС; там же, 10 км северо-восточнее, надпойменная терраса р. Тлеусай, овсяническая (*Festuca pseudovina*) опустыненная степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 3–5%, АЕ, НП; там же, 10.1 км северо-восточнее, опустыненная ковыльно (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 5–7%, АЕ, НП; там же, 10.2 км северо-восточнее, опустыненная овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 5–7%, АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, склон надпойменной террасы р. Тлеусай, у водохранилища, опустыненная петрофитная ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 20%, АЕ, НП; с. Хлебодаровка, 8.7 км юго-западнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 10%, АЕ, НП, ГС; там же, 8 км юго-западнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 5–7%, АЕ, НП, ГС; там же, 7.8 км юго-западнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсяническая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 10%, АЕ, НП, ГС; там же, 9.1 км юго-западнее (у дороги), овсяническая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 2–3%, АЕ, НП.

***Stipa pennata* L.** – ковыль перистый: с. Жуковка, 4.3 км восточнее, урочище Байконды, ковыльная (*Stipa pennata*) степь, 18.05.2014, начало цветения, ПП 70%, АЕ, НП, ГС; там же, 0.5 км юго-западнее, ковыльно (*Stipa pennata*, *S. zaleskii*) разнотравная степь, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; там же, 0.6 км северо-западнее, овсяническая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; с. Калинино, 10.3 км севернее, овсяническая степь, 18.05.2014, вегетация до цветения, ПП 5–7%, АЕ, НП, ГС; там же, 10.1 км севернее, ковыльная (*Stipa pennata*) степь, 18.05.2014, начало цветения, ПП 70%, АЕ, НП, ГС; с. Алабота, 3.3 км севернее, овсяническая степь (у дороги), 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 1.3 км севернее, овсяническая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; с. Адриановка, 1.1 км северо-восточнее, остепненный луг, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; с. Новосанжаровка, 1.8 км юго-восточнее, овсяническая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 3.9 км юго-западнее,

овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 20%, АЕ, НП; там же, 5.7 км юго-западнее, овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; там же, 6.1 км северо-восточнее, ковыльно (*Stipa pennata*)-овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 30%, АЕ, НП; с. Джончилик, 3.8 км северо-восточнее, ковыльно (*Stipa pennata*)-пырейная степь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; с. Тамчилик, 5.8 км северо-восточнее, остепненный луг, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 4 км северо-восточнее, кострцовый луг, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; там же, 2.8 км северо-восточнее, кострцовый луг, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; там же, 1 км северо-восточнее, кострцовый луг, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 1 км юго-западнее, овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 15%, АЕ, НП; с. Невольное, 3.5 км юго-западнее, полынно-ковыльно-овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 35%, АЕ, НП; там же, 1.6 км юго-западнее, залежь, 13.06.2014, цветение, ПП 20%, АЕ, НП; с. Целинное, 12.1 км юго-восточнее, залежь, 13.06.2014, цветение, ПП 15%, АЕ, НП; там же, 10.2 км восточнее, залежь, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; там же, 8.8 км северо-восточнее, овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; с. Озерное, 1.8 км юго-восточнее, котловина оз. Жарылдыколь, опустыненная овсянищевая (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 3–5%, АЕ, НП.

***Stipa praecapillata* Alechin – ковыль предволосовидный:** с. Калинино, 10 км северо-восточнее, надпойменная терраса р. Тлеусай, опустыненная овсянищевая (*Festuca pseudovina*)-полынная (*Artemisia nitrosa*) степь, 19.07.2014, вегетация, ПП 2–3%, АЕ, НП; там же, 10.6 км севернее, склон надпойменной террасы р. Тлеусай, у водохранилища, опустыненная петрофитная ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 20%, АЕ, НП.

***Stipa zalesskii* Wilensky – ковыль Залесского:** с. Жуковка, 0.48 км юго-западнее, ковыльно (*Stipa pennata*, *S. zalesskii*) разнотравная степь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 0.6 км северо-западнее, ковыльно-овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 45%, АЕ, НП; там же, 1.8 км западнее, овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 2%, АЕ, НП; там же, 4.4 км восточнее (урочище Байконды), овсянищевая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 3–5%, АЕ, НП, ГС; там же, 5.2 км юго-восточнее, ковыльная (*Stipa lessingiana*, *S. zalesskii*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, ПП 40%, АЕ, НП; там же, 0.2 км западнее, ковыльно-полынно-

овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 04.06.2011, цветение, 33 экз., НП, СК; с. Калинино, 8.3 км северо-восточнее, ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсянищевая степь, 18.05.2014, полное цветение, ПП 30%, АЕ, НП, ГС; там же, 10 км севернее, надпойменная терраса р. Тлеусай, склон западной экспозиции, ковыльная (*Stipa zalesskii*) степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, ПП 40%, АЕ, НП, ГС; с. Новосанжаровка, 2.2 км северо-восточнее, овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 10%, АЕ, НП; там же, 7 км северо-восточнее, ковыльно (*Stipa zalesskii*)-овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 20%, АЕ, НП; с. Джончилик, 3.8 км северо-восточнее, ковыльно (*Stipa pennata*)-пырейная степь, 13.06.2014, цветение, ПП 25%, АЕ, НП; там же, 3 км северо-восточнее, пырейно-полынная залежь, 13.06.2014, цветение, ПП 2–3%, АЕ, НП; там же, 0.4 км юго-восточнее, пырейно-полынная залежь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; там же, 1.9 км северо-западнее, залежь, 13.06.2014, цветение, ПП 2–3%, АЕ, НП; с. Черноусовка, 3.6 км северо-восточнее, овсянищевая степь, 13.06.2014, цветение, ПП 5%, АЕ, НП; с. Цветочное, 9.1 км северо-восточнее, ковыльно-разнотравная степь, 13.06.2014, цветение, ПП 30%, АЕ, НП.

***Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev – пижма тысячелистная:** с. Жуковка, 1.2 км юго-западнее, овсянищевая степь, 26.04.2014, начало вегетации, 1 экз., АЕ, НП, ГС; с. Калинино, 10.6 км севернее, склон надпойменной террасы р. Тлеусай, у водохранилища, опустыненная петрофитная ковыльно (*Stipa lessingiana*)-овсянищевая (*Festuca pseudovina*) степь, 19.07.2014, вегетация после плодоношения, 3 экз., АЕ, НП.

***Tulipa patens* C. Agardh ex Schult. & Schult. f. – тюльпан поникающий:** с. Жуковка, 0.2 км западнее, злаково-полынно-разнотравный солонцеватый луг, 30.04.2011, цветение, 32 экз., НП, СК.

***Valeriana tuberosa* L. – валериана клубненосная:** с. Жуковка, 1.2 км юго-западнее, овсянищевая степь, 26.04.2014, бутонизация, 4 экз., АЕ, НП, ГС; с. Бузан, 7.9 км северо-восточнее, котловина оз. Алабота, осочково-полынно (*Artemisia nitrosa*)-овсянищевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 10 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 7.9 км северо-восточнее, осочково-овсянищевая ксантопармелиевая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 6 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 7.3 км северо-восточнее, овсянищевая осочковая степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 5 экз., АЕ, НП, ГС; с. Жуковка, 3.6 км северо-восточнее (урочище Байконды), овсянищевая-полынная (*Artemisia austriaca*) степь, 18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 18 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 3.7 км северо-восточнее, осочково-полынно-злаковая степь,

18.05.2014, конец цветения – начало плодоношения, 35 экз., АЕ, НП, ГС; там же, 3.5 км северо-восточнее, полынно (*Artemisia austriaca*)-овсянищевая степь, 09.05.2013, цветение, 2 экз., АЕ, НП; 3.5 км северо-восточнее, овсянищевая степь, 09.05.2013, цветение, 60 экз., АЕ, НП; там же, 4.2 км восточнее, овсянищевая опустыненная степь, 09.05.2013, цветение, 5 экз., АЕ, НП; там же, 4.2 км восточнее, овсянищевая степь, 09.05.2013, цветение, ПП 1-2 %, АЕ, НП; там же, 0.7 км западнее, спирейно-злаковый луг, 09.05.2013, цветение, 8 экз., АЕ, НП; 1 км западнее, овсянищевая степь, 09.05.2013, цветение, 45 экз., АЕ, НП; там же, 0.2 км западнее, злаково-полынно-разнотравный солонцеватый луг, 30.04.2011, цветение, 14 экз., НП, СК.

В ходе выполненных исследований на территории Русско-Полянского муниципального р-на об-

наружено 210 новых местообитаний 32 видов растений, имеющих статус охраны согласно Постановлению Правительства Омской обл. [Об утверждении Порядка ..., 2005]. Два вида растений (*Stipa pennata*, *S. zaleskii*) занесены в Красную книгу Российской Федерации [Об утверждении перечней ..., 2005]. Оценка состояния популяций редких видов растений проведена согласно биологическим критериям оценки численности состояния редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов [Об утверждении стратегии ..., 2004; Об утверждении Порядка ..., 2005] (таблица). В качестве основных параметров оценки ценопопуляций приняты следующие динамические показатели численности: увеличивается, стабильна, медленно сокращается, быстро сокращается [Об утверждении стратегии ..., 2004].

Оценка состояния популяций охраняемых видов растений в Русско-Полянском муниципальном р-не Омской обл.

Вид	Об утверждении Порядка ... [2005]	Число известных местонахождений	Численность в изученных ценопопуляциях	Оценка состояния ценопопуляции
<i>Adonis villosa</i>	3 (R)	4	0.3 экз./м ²	медленно сокращается
<i>A. volgensis</i>	3 (R)	9	ПП 1–2%	сокращается
<i>Allium clathratum</i>	1 (E)	1	2 экз.	на грани исчезновения
<i>A. flavescens</i>	2 (V)	10	0.6 экз./м ²	динамика не изучена
<i>A. praescissum</i>	1 (E)	1	6 экз.	динамика не изучена
<i>Alyssum lenense</i>	2 (V)	5	0.1 экз./м ²	сокращается
<i>Astragalus buchtormensis</i>	3 (R)	8	0.06 экз./м ²	сокращается
<i>A. macropus</i>	2 (V)	5	0.05 экз./м ²	сокращается
<i>A. stenoceras</i>	1 (E)	1	4 экз.	на грани исчезновения
<i>A. tenuifolius</i>	2 (V)	5	ПП 3–55%	сокращается
<i>Atraphaxis frutescens</i>	2 (V)	15	0.1 экз./м ²	сокращается
<i>Centaurea adpressa</i>	Перечень	2	0.2 экз./м ²	динамика не изучена
<i>Dianthus leptopetalus</i>	1 (E)	6	0.06 экз./м ²	сокращается
<i>D. ramosissimus</i>	1 (E)	1	3 экз.	резко сокращается
<i>Ephedra distachya</i>	1 (E)	7	ПП 1–2%	сокращается
<i>Fritillaria meleagroides</i>	3 (R)	2	0.1 экз./м ²	сокращается
<i>Hedysarum gmelinii</i>	2 (V)	1	5 экз.	сокращается
<i>Iris halophila</i>	Перечень	17	0.2 экз./м ²	стабильна
<i>I. humilis</i>	3 (R)	12	0.1 экз./м ²	медленно сокращается
<i>Linum perenne</i>	2 (V)	10	0.2 экз./м ²	сокращается
<i>Lotus sergievskiae</i>	3 (R)	1	2 экз.	сокращается
<i>Nepeta ucranica</i>	2 (V)	2	11–25 экз.	сокращается
<i>Orostachys spinosa</i>	2 (V)	1	45 экз.	сокращается
<i>Puccinellia gigantea</i>	3 (R)	1	ПП 1–2%	динамика не изучена
<i>Ranunculus polyrhizos</i>	Перечень	1	3 экз.	динамика не изучена
<i>Stipa lessingiana</i>	2 (V)	26	ПП 13%	сокращается
<i>S. pennata</i>	3 (R)	24	ПП 27%	стабильна
<i>S. praecipitata</i>	1 (E)	2	ПП 2–20%	на грани исчезновения

Окончание таблицы

Вид	Об утверждении Порядка ... [2005]	Число известных местонахождений	Численность в изученных ценопопуляциях	Оценка состояния ценопопуляции
<i>S. zalesskii</i>	2 (V)	15	ПП 14%	сокращается
<i>Tulipa patens</i>	1 (E)	1	32 экз.	на грани исчезновения
<i>Valeriana tuberosa</i>	3 (R)	13	0.1 экз./м ²	динамика не изучена

Примечание. 1 (E) – виды, численность которых уменьшилась до критического уровня таким образом, что в ближайшее время они могут исчезнуть; 2 (V) – виды, которые имеют малую численность и распространены на ограниченной территории или спорадически распространены на значительных территориях и могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения; 3 (R) – виды, имеющие малую численность и распространенные на ограниченной территории или спорадически распространенные на значительных территориях; Перечень – виды, включенные в Перечень животных, растений и других организмов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде. Единицы численности для видов приведены в различных параметрах: ПП – проективное обилие, экз. – экземпляров, экз./м² – экземпляров на 1 м².

В ходе полевых работ в Русско-Полянском р-не впервые обнаружены *Adonis villosa*, *Allium clathratum*, *Alyssum lenense*, *Astragalus buchtormensis* (рис. 1, А), *A. stenoceras*, *Dianthus ramosissimus*, *Ephedra distachya* (рис. 1, Г), *Fritillaria meleag-*

roides, *Hedysarum gmelinii*, *Iris halophila*, *I. humilis*, *Linum perenne*, *Orostachys spinosa* (рис. 1, Б), *Puccinellia gigantea*, *Ranunculus polyrhizos*, *Stipa lessingiana*, *Tanacetum millefolium*, *Tulipa patens*, *Valeriana tuberosa*.



Рис. 1. Некоторые охраняемые растения:

А – *Astragalus buchtormensis*; Б – *Atraphaxis frutescens*; В – *Orostachys spinosa*; Г – *Ephedra distachya*

Проведена оценка состояния ценопопуляций 32 видов, включенных в Постановление Правительства Омской обл. [Об утверждении Порядка ..., 2005]. 9 видов растений имеют 3 (R) категорию

редкости, 12 видов – 2 (V), 8 видов – 1 (E). На основании полученных данных *Iris halophila*, *Centaurea adpressa* и *Ranunculus polyrhizos* были включены в Перечень организмов, нуждающихся в

особом внимании к их состоянию в природной среде. Описано 210 популяций растений, численность особей в которых изменяется от 1–3 экземпляров до ПП 1–55%. Стабильную численность имеют 2 вида (*Iris halophila*, *Stipa pennata*), у 20 – численность сокращается, у 6 – динамика не изучена, а 4 вида (*Allium clathratum*, *Astragalus stenoceras*, *Stipa praecapillata*, *Tulipa patens*) находятся на грани исчезновения. Ковыль Залесского (*Stipa zaleskii*) отмечался до наших исследований в Одесском, Павлоградском и Русско-Полянском р-нах только по данным П.Н. Крылова [1928] – около 90 лет назад. До 2013 г. – только по литературным данным [Плотников, 1992; Бекишева, 1999] приводились *Allium praescissum*, *Dianthus leptopetalus*, *Stipa praecapillata*, *Tulipa patens*.

На основании анализа полученных данных выделены участки, являющиеся местами массового произрастания редких и охраняемых видов. Необходимо отметить, что некоторые описываемые территории представляют собой уникальные для Омского региона резерваты эталонных экосистем. Краткая характеристика указанных участков приводится ниже.

Участок 1. Русско-Полянский р-он, 10.5 км юго-западнее с. Хлебодаровка (приграничная территория с Республикой Казахстан), пойма и надпойменная терраса р. Тлеусай, ложбины стока к оз. Теке. Общая протяженность предлагаемого участка составляет порядка 12 км при ширине 2 км [Пликина, Ефремов, 2015].

Участок частично занят остатками эталонных ковыльных, разнотравно-ковыльных, овсянице-вых, опустыненных петрофитных степей (рис. 2),

не имеющих аналогов в регионе. Растительные сообщества включают значительную часть флористического разнообразия степной зоны, являясь местом произрастания редких и охраняемых видов растений: *Stipa pennata*, *S. lessingiana*, *S. praecapillata*, *S. zaleskii*, *S. korshinskyi*, *Dianthus leptopetalus*, *Atraphaxis frutescens*, *Orostachys spinosa*, *Astragalus buchtormensis*, *Hedysarum gmelinii*, *Allium flavescens*, *Iris humilis*, *I. halophila*, *Linum perenne*, *Ephedra distachia* и др., а также лишайников – *Verrucaria nigrescens*, *Xanthoparmelia camtschadalis*.

Участок 2. Русско-Полянский муниципальный р-он, окрестности с. Жуковка, 3–5.5 км северо-восточнее, урочище Байконды, приграничная территория с Республикой Казахстан, ложбина стока к оз. Кызылкак. Общая протяженность предлагаемого участка составляет порядка 4 км при ширине 2 км.

В пределах данного биотопа распространены фрагменты ковыльных и злаковых степей, здесь обитают следующие охраняемые виды растений: *Stipa pennata*, *S. lessingiana*, *S. zaleskii*, *Dianthus leptopetalus*, *Astragalus buchtormensis*, *A. macropus*, *A. stenoceras*, *Iris humilis*, *I. halophila*, *Linum perenne*, *Allium praescissum*, *A. clathratum*, *Valeriana tuberosa*, лишайники – *Caloplaca vitellinula*, *Lecanora frustulosa*, *Lecanora muralis*.

В качестве отдельного кластера можно выделить участок 0.2 км западнее с. Жуковка, где известно единственное в регионе место произрастания *Tulipa patens*, а также *Nepeta ucranica*, *Fritillaria meleagroides*.



Рис. 2. Степные сообщества надпойменной террасы р. Тлеусай:

А – опустыненная петрофитная ковыльно-полынная степь; Б – опустыненная ковыльно (*Stipa capillata*)-полынная (*Artemisia frigida*, *A. nitrosa*) ксантопармелиевая (*Xanthoparmelia camtschadalis*) степь

Участок 3. Русско-Полянский и Павлоградский муниципальные р-ны, 2 км южнее с. Южное, котловина оз. Алабота.

Значительная часть котловины занята ковыльными и полынно-овсяницевыми галофитными сте-

пями, здесь произрастают охраняемые виды: *Stipa pennata*, *S. lessingiana*, *S. zaleskii*, *Astragalus buchtormensis*, *Iris humilis*, *I. halophila*, *Valeriana tuberosa*, *Dianthus leptopetalus*, *D. ramosissimus*, *Allium flavescens* и др.

Заключение

Проведенные исследования по оценке состояния популяций охраняемых видов растений на территории Русско-Полянского муниципального района свидетельствуют, что из 32 редких видов лишь 2 имеют стабильное состояние популяций, у 20 – отмечено сокращение численности особей, а 4 вида находятся на грани исчезновения.

Для сохранения редких видов необходима разработка режима природопользования и функциональное зонирование территории с полным исключением ряда участков из хозяйственного использования. Рекомендуется организация комплексной ландшафтной особо охраняемой природной территории регионального значения и придание статуса ключевой ботанической территории (эталонной экосистемы). Такого рода сообщества должны служить стационарными площадками для мониторинга состояния популяций охраняемых видов растений и других организмов.

Список литературы

- Бекешева И.В. Охраняемые и предлагаемые к охране сосудистые растения Омской области // Материалы II Рос. конф. «Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока». Красноярск, 1996. С. 110–112.
- Бекешева И.В. Флора Омской области: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 255 с.
- Бекешева И.В., Свириденко Б.Ф., Ефремов А.Н. Сохраним редкие растения Омской области. Омск: Амфора, 2008. 82 с.
- Бекешева И.В. и др. Флористические находки в Омской области // Ботанический журнал. 2003. Т. 83, № 4. С. 146–150.
- Бекешева И.В. и др. Флористические находки в Омской области и в Ханты-Мансийском автономном округе // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 2009. Т. 114, вып. 3. С. 63–65.
- Ефремов А.Н. и др. Флористические находки в Омской области и Ямало-Ненецком автономном округе // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 2013. Т. 118, вып. 3. С. 81–84.
- Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Ун-т. кн., 2013. 439 с.
- Крылов П.Н. Флора Западной Сибири. Томск, 1928. Вып. 2. Gramineae. 248 с.
- О Красной книге Омской области: Указ губернатора Омской обл. № 44 от 22 апр. 2005 г. (в ред. на 18 июля 2019 г.).
- Об утверждении перечней (списков) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и исключенных из Красной книги Российской Федерации: Приказ

Министерства природных ресурсов Российской Федерации № 289 от 25 окт. 2005 г. (с изм. на 20 дек. 2018 г.)

Об утверждении Порядка ведения Красной книги Омской области и Перечней редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, животных и других организмов, занесенных в Красную книгу Омской области: Постановление Правительства Омской обл. № 76-п от 6 июля 2005 г. (в ред. от 24 июня 2015 г., № 173-п).

Об утверждении стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов: Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации № 323 от 6 апр. 2004 г.

Пликина Н.В., Ефремов А.Н. К организации особо охраняемой природной территории ботанического профиля в степной зоне Омской области // Современные проблемы ботаники, микробиологии и природопользования в Западной Сибири и на сопредельных территориях: материалы Всерос. науч. конф. Сургут, 2015. С. 78–80.

Плотников Н.А. Конспект флоры Омской области. Новосибирск, 1992. 70 с. Деп. в ВИНТИ № 1762-В92.

Полевая геоботаника. М.; Л., 1959–1968. Т. 1–5.

Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 216 с.

References

- Bekisheva I.V. [Protected and proposed for protection vascular plants of the Omsk Region]. *Materialy II Rossijskoj konferencii «Flora i rastitel'nost' Sibiri i Dal'nego Vostoka»* [Materials of the II Russian Conference "Flora and vegetation of Siberia and the Far East"]. Krasnojarsk, 1996, pp. 110-112. (In Russ.).
- Bekisheva I.V. *Flora Omskoj oblasti. Diss. kand. biol. nauk.* [Flora of Omsk Region. Cand. Diss.]. Novosibirsk, 1999. 255 p. (In Russ.).
- Bekisheva I.V., Sviridenko B.F., Efremov A.N. *Sochranim redkie rastenija Omskoj oblasti* [Let's save rare plants of the Omsk Region] Omsk, Amfora Publ., 2008. 82 p. (In Russ.).
- Bekisheva I.V., Sviridenko B.F., Zaripov R.G., Budanova M.G., Zjablikova Ju.A. [Floristic findings in the Omsk Region]. *Botaničeskij žurnal*. V. 83, N 4 (2003): pp. 146-150. (In Russ.).
- Bekisheva I.V., Sviridenko B.F., Zaripov R.G., Sviridenko T.V., Samojlova G.V., Efremov A.N. [Floristic findings in the Omsk Region and in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug]. *Bjulleten' Moskovskogo obščestva ispytatelej prirody. Otd. biologičeskij*. V. 114, Iss. 3 (2009): pp. 63-65. (In Russ.).

- Efremov A.N., Plikina N.V., Samojlova G.V., Sviridenko B.F., Evzhenko K.S., Pereladova Ju.A. [Floristic findings in the Omsk Region and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug]. *Bjulleten' Moskovskogo obščestva ispytatelej prirody. Otd. biologičeskij.* V. 118, Iss. 3 (2013): pp. 81-84. (In Russ.).
- Zlobin Ju.A., Skljär V.G., Klimenko A.A. *Populjácii redkich vidov rastenij: teoretičeskie osnovy i metodika izučeniya* [Populations of rare plant species: theoretical foundations and research methods]. Sumy, Universitetskaja kniga Publ., 2013. 439 p. (In Russ.).
- Krylov P.N. *Flora Zapadnoj Sibiri* [Flora of Western Siberia. Iss. 2. Gramineae]. Tomsk, 1928. 248 p. (In Russ.).
- O Krasnoj knige Omskoj oblasti: Ukaz gubernatora Omskoj oblasti N 44, ot 22 aprlja 2005 g.* [About the Red Book of the Omsk Region: Decree of the Governor of the Omsk Region No. 44 dated April 22, 2005 (as amended on July 18, 2019)]. (In Russ.).
- Ob utverždenii perečnej (spiskov) ob'ektov rastitel'nogo mira, zanesennyh v Krasnuju knigu Rossijskoj Federacii i isključennyh iz Krasnoj knigi Rossijskoj Federacii: Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov Rossijskoj Federacii N 289 ot 25 oktjabrja 2005 g. (s izm. na 20 dekabrja 2018 g.)* [On approval of lists of flora objects listed in the Red Book of the Russian Federation and excluded from the Red Book of the Russian Federation: Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 289 of October 25, 2005 (as amended on Dec 20, 2018)]. (In Russ.).
- Ob utverždenii Porjadka vedenija Krasnoj knigi Omskoj oblasti i Perečnej redkich i nachodjaščichsja pod ugrozoi isčeznovenija rastenij, životnyh i drugih organizmov, zanesennyh v Krasnuju knigu Omskoj oblasti: Postanovlenie Pravitel'stva Omskoj oblasti № 76-p ot 6 ijulja 2005 g. (v red. ot 24.06.2015 g. № 173-p)* [On Approval of the Procedure for Maintaining the Red Book of the Omsk Region and Lists of Rare and Endangered Plants, Animals and Other Organisms Listed in the Red Book of the Omsk Region: Decree of the Government of the Omsk Region No. 76-p dated July 6, 2005 (as amended, dated June 24, 2015, No. 173-p)]. (In Russ.).
- Ob utverždenii strategii sochraneniya redkich i nachodjaščichsja pod ugrozoi isčeznovenija vidov životnyh, rastenij i gribov: Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov Rossijskoj Federacii № 323 ot 6 aprlja 2004 g.* [On approval of the strategy for the conservation of Rare and Endangered Species of Animals, Plants and Fungi: Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 323 dated April 6, 2004]. (In Russ.).
- Plikina N.V., Efremov A.N. [To the organization of a specially protected natural territory of a botanical profile in the steppe zone of Omsk Region]. *Sovremennye problemy botaniki, mikrobiologii i prirodopol'zovanija v Zapadnoj Sibiri i na sopredel'nyh territorijach* [Modern problems of botany, microbiology and nature management in Western Siberia and adjacent territories: materials of the scientific conference]. Surgut, 2015, pp. 78-80. (In Russ.).
- Plotnikov N.A. *Konspekt flory Omskoj oblasti* [Checklist of the flora of the Omsk region.]. Novosibirsk, 1992. 70 p. (Deposited in VINITI, No. 1762-V92). (In Russ.).
- Polevaja geobotanika.* [Field geobotany] Moscow, Leningrad, 1959-1968. V. 1-5. (In Russ.).
- Cenopuljácii rastenij (osnovnye ponjatija i struktura)* [Plant cenopopulations (basic concepts and structure)]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 216 p. (In Russ.).

Поступила в редакцию 30.04.2021

Об авторах

Пликина Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биологического образования ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9233-7043>
 644099, Омск, наб. Тухачевского, 14;
 tele-text@yandex.ru; (3812)248105

About the authors

Plikina Natalya Vladimirovna, candidate of biology, associate professor of the Department of biology and biological education Omsk State Pedagogical University.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9233-7043>
 14, nab. Tukhachevsky, Omsk, Russia, 644099
 tele-text@yandex.ru; (3812)248105

Ефремов Андрей Николаевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8983-392X>
644099, Омск, наб. Тухачевского, 14;
stratiotes@yandex.ru; (3812)248105

Самойлова Галина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биологического образования ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7385-2608>
644099, Омск, наб. Тухачевского, 14;
sam-galina@yandex.ru; (3812)248105

Efremov Andrey Nicolaevich, candidate of biology, scientific researcher

Omsk State Pedagogical University.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8983-392X>
14, nab. Tukhachevsky, Omsk, Russia, 644099
stratiotes@yandex.ru; (3812)248105

Samoilova Galina Vladimirovna, candidate of biology, associate professor of the Department of biology and biological education Omsk State Pedagogical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7385-2608>
14, nab. Tukhachevsky, Omsk, Russia, 644099
sam-galina@yandex.ru; (3812)248105

Информация для цитирования:

Пликина Н.В., Ефремов А.Н., Самойлова Г.В. Оценка состояния популяций охраняемых видов растений в Русско-Полянском муниципальном районе Омской области // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 158–170. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-158-170.

Plikina N.V., Efremov A.N., Samoylova G.V. [Assessment of the state of populations of protected plants species in Russko-Polyansky municipal district of Omsk region]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 158-170. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-158-170.

МИКРОБИОЛОГИЯ

УДК 579.26:57.083.18

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-171-177.

Д. И. Усанина¹, А. А. Пьянкова², Е. Г. Плотникова^{1,2}

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал ФГБУН ПФИЦ УрО РАН, Пермь, Россия

ГАЛОФИЛЬНЫЙ ШТАММ-ДЕСТРУКТОР БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ *Halomonas* sp. D2

Бензойная кислота используется в промышленности, а также является промежуточным продуктом микробиологического разложения многих ароматических соединений – загрязнителей окружающей среды. Штамм *Halomonas* sp. D2, выделенный из глинистых отложений соляной шахты Верхнекамского месторождения (г. Соликамск, Пермский край), способен использовать бензойную кислоту (БК) в качестве единственного источника углерода и энергии. *Halomonas* sp. D2 растет на богатой среде Раймонда в присутствии 10–300 г/л NaCl и на минеральной среде с БК (1 г/л) при 30–70 г/л соли. В геноме штамма выявлен ген *benA*, кодирующий α -субъединицу бензоат 1,2-диоксигеназы – ключевого фермента разложения БК. Анализ нуклеотидной последовательности гена *benA* штамма D2 показал наиболее высокий уровень сходства (94.86%) с последовательностью *benA*-гена типового штамма *Halomonas taeanensis* BH539^T, с которым штамм D2 наиболее филогенетически близок и по гену 16S рРНК (сходство 99.43%). Выявленные свойства штамма *Halomonas* sp. D2 делают его перспективным для использования в биотехнологиях восстановления засоленных почв и водоемов, загрязненных ароматическими углеводородами.

Ключевые слова: галофильные бактерии; *Halomonas*; разложение бензойной кислоты; секвенирование; ген *benA*.

D. I. Usanina¹, A. A. Pyankova², E. G. Plotnikova^{1,2}

¹ Perm State University, Perm, Russian Federation

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms of the Ural Branch RAS, Perm, Russian Federation

Benzoic acid-degrading halophilic strain *Halomonas* sp. D2

Benzoic acid is widely used in various fields of industry, and it is a intermediate in the bacterial catabolism of many aromatic compounds, environmental pollutants. *Halomonas* sp. D2 strain, isolated from clay deposits of the salt mine of the Verkhnekamsky salt deposit (Solikamsk, Perm krai) is capable of using benzoic acid (BA) as a sole source of carbon and energy. *Halomonas* sp. D2 grows in the rich Raymond's medium in the presence of 10–300 g/L NaCl and in the mineral medium with BA (1 g/L) in the presence of 30–70 g/L NaCl. The gene (*benA*) encoding the benzoate 1,2-dioxygenase alpha subunit was detected in the strain D2. Analysis of *benA* gene of the strain D2 showed the highest similarity (94.86%) with *benA* gene of *Halomonas taeanensis* BH539^T with which the strain D2 is the most phylogenetically close in the 16S rRNA gene (99.43% similarity). The revealed properties of *Halomonas* sp. D2 strain makes it promising for use in biotechnologies for the restoration of saline soils and water contaminated with aromatic hydrocarbons.

Key words: halophilic bacteria; *Halomonas*; degradation of benzoic acid; DNA sequencing; *benA* gene.

Бензойная кислота относится к классу моноароматических соединений, которые в своем составе имеют одно ароматическое кольцо. Бензойная кислота и ее производные, благодаря своим фунгицидным и антибактериальным свойствам, широко применяются в пищевой, косметической индустрии в качестве консервантов (пищевые добавки E210-E219), а также в медицине в качестве лекарственных средств. Кроме того, бензойная кислота используется в химической промышленно-

сти как сырьё для получения широкого спектра соединений, таких как фенол, пластификаторы, бензоилхлорид и другие. Известно, что некоторые аэробные микроорганизмы способны разлагать сложные полиароматические соединения, в том числе такие стойкие органические загрязнители, как бифенил, полихлорированные бифенилы, с образованием бензойной кислоты в качестве промежуточного продукта [Pieper, 2005]. В литературе описаны бактерии разных таксономических групп,

способные осуществлять разложение бензойной кислоты и использовать ее в качестве единственного источника углерода и энергии [Field, Sierra-Alvarez, 2008; Егорова, Пьянкова, 2019]. В то же время крайне ограничена информация о галофильных бактериях-деструкторах, строении и функционировании их метаболических, генетических систем, контролирующих разложение бензойной кислоты в условиях засоления [Fatherpure, 2014].

Ранее из соляной шахты района промышленных разработок Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВМКС) были выделены галофильные бактерии, которые на основании морфологических, физиологических и генетических исследований были идентифицированы как представители семейства *Halomonadaceae* (класс *Gamma*proteobacteria) [Пьянкова и др., 2020]. На настоящем этапе изучения проводится дальнейшая характеристика выделенных галофилов, в том числе для перспективы использования в биотехнологических целях. Цель настоящей работы – изучение способности галофильного штамма *Halomonas* sp. D2 разлагать бензойную кислоту в условиях повышенной солености среды, а также выявление и филогенетическая характеристика ключевого гена катаболизма бензойной кислоты (*benA*).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся штамм *Halomonas* sp. D2, выделенный из глинистых донных отложений рассолоотводящей выработки одного из рудников ВМКС [Пьянкова и др., 2020]. Также в работе был использован типовой штамм *Halomonas taeanensis* ВН539^T из рабочей коллекции лаборатории микробиологии техногенных экосистем «ИЭГМ УрО РАН».

Среды и условия культивирования. При культивировании бактерий использовали минеральную среду Раймонда (MCP) [Raymond, 1961], а также богатую среду Раймонда (BCP) с триптоном (5 г/л) и дрожжевым экстрактом (2.5 г/л), с разным содержанием NaCl (от 10 до 300 г/л). Для агаризованных сред добавляли 15 г/л агара. Культивирование проводили при 28 °С.

Устойчивость бактерий к различным концентрациям хлорида натрия оценивали по появлению и размеру колоний при росте на агаризованной BCP без соли и с содержанием NaCl от 10 до 300 г/л. Оценку роста колоний проводили через 2 недели после культивирования.

Рост бактерий на ароматических соединениях оценивали при культивировании в жидкой минеральной среде Раймонда (30 г/л NaCl). Бензойную кислоту, нафталин, бифенил, *орто*-фталат,

как единственный источник углерода и энергии, добавляли в среду в количестве 1 г/л, салициловую кислоту – 0.5 г/л. Культивирование проводили на термошейкере при 28 °С при 140 об./мин. Рост штаммов оценивали при определении оптической плотности культуры (ОП₆₀₀) на спектрофотометре UV-Visible BioSpec-mini («Shimadzu», Япония) при длине волны 600 нм в кювете с длиной оптического пути 1 см.

Ростовые характеристики штамма D2 определяли при выращивании в жидкой MCP с бензойной кислотой (1 г/л) и содержанием 30 г/л NaCl, оптимальным для роста культуры. Культивирование проводили на термошейкере при 28 °С при 140 об./мин. в течение 2 недель. Рост штаммов оценивали при определении оптической плотности культуры (ОП₆₀₀). Параметры роста культуры рассчитывали согласно Г. Шлегеля [1987]. Эксперименты были выполнены в трехкратной повторности. Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel.

Выделение бактериальной ДНК. Единичную колонию чистой культуры бактерий при помощи платиновой петли помещали в пробирку «эппендорф», содержащую 100 мкл 0.05 NaOH. Смесь инкубировали при 95 °С в течение 15 мин., затем охлаждали 15 мин. при температуре –20 °С, далее центрифугировали при 12 000 об./мин. 30 сек. Процедуру повторяли 4 раза. Для проведения амплификации отбирали 1 мкл супернатанта.

Амплификация и определение нуклеотидных последовательностей гена *benA*. Для амплификации гена *benA*, кодирующего α -субъединицу бензоат 1,2-диоксигеназы, использовали праймеры *benA*-F (5'-GCCACGAGAGCCAGATTCCC-3') и *benA*-R (5'-GGTGGCGGCGTAGTTCCAGTG-3') при условиях, приведенных в публикации [Baggi et al., 2008]. Амплификацию осуществляли на приборе C1000 Touch™ Thermal Cycler («Bio-Rad Laboratories», США). В качестве положительного контроля был использован штамм *Rhodococcus wratislaviensis* KT112-7, деструктор бензойной кислоты [Егорова и др., 2013]. Анализ продуктов амплификации и документирование полученных результатов осуществляли, как описано ранее [Пьянкова и др., 2020].

Определение нуклеотидных последовательностей гена *benA* проводили на автоматическом секвенаторе Genetic Analyzer 3500xl («Applied Biosystems», США), с применением реактивов Big Dye Terminator Ready Reaction Kit v 3.1 («Applied Biosystems», США), согласно рекомендациям производителя, на кафедре ботаники и генетики растений Пермского государственного национального исследовательского университета. Поиск гомоло-

гичных последовательностей гена *benA* осуществляли с использованием базы данных GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Множественное выравнивание транслированных аминокислотных последовательностей гена *benA* и построение филогенетического дерева проводили с использованием программы MEGA 7.0. При построении филогенетического дерева применяли кластерный метод «neighbor-joining». Оценку статистической достоверности ветвления («bootstrap»-анализ) устанавливали на основе 1000 альтернативных деревьев. Нуклеотидная последовательность гена *benA* депонирована в базу данных GenBank под номером MW862487.

Результаты и их обсуждение

Ранее из образца глинистых отложений соляной шахты ВКМС был выделен граммотрицательный штамм D2. В результате секвенирования и сравнения последовательностей гена 16S рРНК с типовыми штаммами из базы данных EzBioCloud было установлено, что данный штамм относится к се-

мейству *Halomonadaceae* (класс *Gamma*proteobacteria) и имеет наибольшее сходство (99.43% по гену 16S рРНК) с типовым штаммом *Halomonas taeanensis* VH539^T [Пьянкова и др., 2020].

Проведенные исследования по изучению деградиционных свойств штамма D2 показали, что он способен использовать в качестве единственного источника углерода и энергии бензойную кислоту, но не другие моно- и полиароматические соединения (в частности, салициловую, орто-фталевою кислоты, нафталин, бифенил).

Установлено, что штамм *Halomonas* sp. D2 является галофильным организмом и способен к эффективному росту в БСР при содержании хлорида натрия от 10 до 300 г/л. В сравнении, штамм *Halomonas taeanensis* VH539^T выдерживал не более 250 г/л NaCl при культивировании в аналогичных условиях. Оба штамма не росли при отсутствии соли в среде. В МСР с использованием в качестве субстрата бензойной кислоты (1 г/л) штаммы *Halomonas* sp. D2 и *H. taeanensis* VH539^T росли в присутствии 10–70 г/л соли (табл. 1).

Таблица 1

Рост бактерий рода *Halomonas* в присутствии различных концентраций хлорида натрия

Штамм	Агаризованная БСР, NaCl (г/л)							Жидкая МСР, бензойная кислота (1 г/л), NaCl (г/л)			
	Без NaCl	10	100	150	200	250	300	Без NaCl	30	50	70
<i>H. taeanensis</i> DSM 16463 ^T	–	+	+	+	+	+	–	–	+++	++	+
<i>Halomonas</i> sp. D2	–	+	+	+	+	+	+	–	+++	+++	++

Примечание. «–» – рост не обнаружен; «+» – на агаризованной среде, колонии размеров больше 2 мм; «++» – в жидкой среде, ОП₆₀₀ от 0.1 до 0.3 ед.; «+++» – ОП₆₀₀ от 0.4 до 0.7 ед.; «++++» – ОП₆₀₀ выше 0.7 ед.

Штамм D2 демонстрировал наибольший прирост биомассы при выращивании на бензоате в присутствии 30 г/л NaCl. На рисунке 1 представлена кривая роста штамма D2. На начальных этапах культивирования наблюдался замедленный рост культуры (ОП₆₀₀ не превышала 0.2 ед.), толь-

ко через 150 ч. был отмечен активный прирост биомассы. Максимальная ОП₆₀₀, равная 1.05 ед., наблюдалась при 259 ч. (11-е сут.) культивирования. Скорость экспоненциального роста (μ) составляла 0.0211 ± 0.003 ч⁻¹.

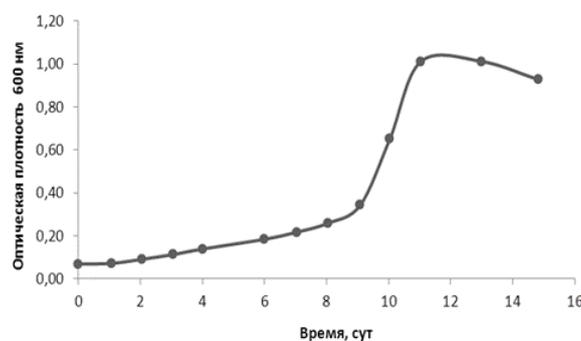


Рис. 1. Рост штамма *Halomonas* sp. D2 в МСР (30 г/л NaCl) на бензойной кислоте (1 г/л) в качестве единственного источника углерода и энергии

На ДНК-матрице штамма D2 был амплифицирован ген *benA*, кодирующий α -субъединицу бен-

зоат 1,2-диоксигеназы – ключевого фермента, участвующего на начальном этапе окисления бен-

зоата [Parales, Resnick, 2006]. Также фрагмент аналогичного размера (около 521 п.н.) был обнаружен в ДНК штамма *H. taeanensis* BH539^T, что указывает на присутствие гена *benA* в ДНК типового штамма (рис. 2).

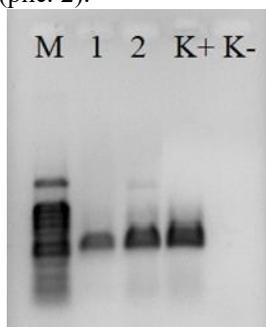


Рис. 2. Электрофореграмма результатов амплификации гена *benA*:

М – маркер 100+ bp DNA Ladder (Евроген, Россия), 1 – *Halomonas* sp. D2, 2 – *H. taeanensis* BH539^T, К+ – *Rhodococcus wratislaviensis* KT112-7, К- – отрицательный контроль

Полученный ампликон гена *benA* *Halomonas* sp. D2 был секвенирован. Проведен сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *benA* штамма *Halomonas* sp. D2 с гомологичными последовательностями из базы данных GenBank (табл. 1). Установлено, что наиболее близким к изучаемому гену является ген α -субъединицы бензоат/толуат-1,2-диоксигеназы типового штамма *H. taeanensis* BH539^T (FNCI01000003). Сходство гена *benA* штамма *Halomonas* sp. D2 с гомологичным геном *H. taeanensis* BH539^T составляло 94.86%. С другими подобными генами представителей рода *Halomonas* уровень сходства не превышал 89.38%, а с генами штаммов других родов семейства *Halomonadaceae* – 78.13% (ближайшая последовательность гена *benA* *Chromohalobacter* sp. HS2, EU155151) (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ гена *benA* штамма *Halomonas* sp. D2 с ближайшими гомологичными последовательностями из базы данных GenBank

Гомологичные гены	Номер в GenBank*	Номер в GenBank**	Сходство, %	Место выделения	Ссылка
Бензоат/толуат 1,2-ДО, <i>H. taeanensis</i> BH539 ^T	FNCI01000003	SDF94072	94.86	Солнечная солеварня, Корея	н.д.
Бензоат 1,2-ДО, <i>H. aestuarii</i> Hb3	CP018139	APR30514	89.38	Солеварня, Корея	н.д.
Белок с кластером Риске [2Fe-2S], <i>Halomonas</i> sp. VM-2019	CP071922	QTF93273	87.90	Озерная вода, Танзания	н.д.
Бензоат 1,2-ДО, <i>H. beimensis</i> NTU-111	CP021435	ATJ82503	87.50	Солеварня, Тайвань	Chen et al., 2017
Бензоат 1,2-ДО, <i>H. organivorans</i> СЕСТ 5995 ^T	FN997646	CBR26855	86.74	Засоленная почва, Испания	García et al., 2004
Белок с кластером Риске [2Fe-2S], <i>Halomonas</i> sp. PGE1	CP053032	QJQ97940	86.70	Гиперсоленая экосистема, Нидерланды	н.д.
Бензоат 1,2-ДО, <i>Chromohalobacter</i> sp. HS2	EU155151	ABV82781	78.13	Солёные ферментированные моллюски	Kim et al., 2008

Примечание: «н.д.» – нет данных; * – нуклеотидные последовательности; ** – аминокислотные последовательности.

На основании полученных данных построено филогенетическое дерево, показывающее положение транслированных аминокислотных последовательностей *benA* штамма *Halomonas* sp. D2 и гомологичных последовательностей представителей семейства *Halomonadaceae* (рис. 3).

Гены *benA*, кодирующие большую субъединицу ключевого фермента деструкции БК – бензоат 1,2-диоксигеназы, выявлены в геномах бактерий различных таксономических групп [Егорова, Пьянкова, 2019]. На настоящем этапе исследований пока-

зано, что ген *benA* штамма *Halomonas* sp. D2 является наиболее филогенетически близким *benA*-генам галофильных бактерий-деструкторов бензоата, рода *Halomonas* (сем. *Halomonadaceae*) и, кроме того, имеет высокий процент сходства (94.86%) с *benA*-геном типового штамма вида *H. taeanensis*, который является наиболее близкородственным по гену 16S рРНК штамму D2 [Пьянкова и др., 2020]. Таким образом, мы предполагаем, что *benA*-ген может быть использован в качестве филогенетического маркера для определения бакте-

рий рода *Halomonas* среди деструкторов БК различных таксонов прокариот.

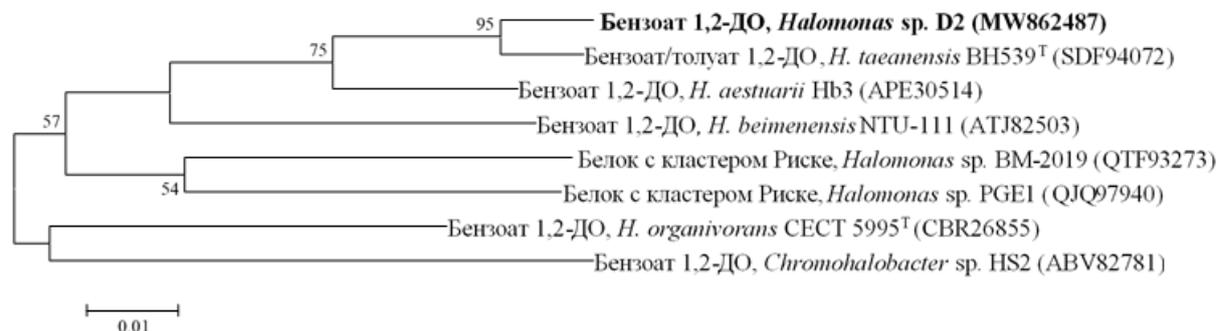


Рис. 3. Филогенетическое дерево, построенное с использованием метода neighbor-joining, показывающее положение транслированных аминокислотных последовательностей гена *benA* *Halomonas* sp. D2 и ближайших последовательностей из базы данных GenBank

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что штамм *Halomonas* sp. D2 является активным деструктором бензойной кислоты, способным осуществлять ее разложение (1 г/л) в присутствии высоких концентраций хлорида натрия (30–70 г/л). Полученные данные указывают на возможность использования штамма при разработке технологий, направленных на очистку объектов окружающей среды от токсичных ароматических поллютантов.

Работа выполнена в рамках государственного задания, номер госрегистрации темы: АААА-А19-119112290008-4.

Список литературы

- Егорова Д.О. и др. Деструкция ароматических углеводородов штаммом *Rhodococcus wratislaviensis* KT112-7, выделенным из отходов соледобывающего предприятия // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49, № 3. С. 267–278.
- Егорова Д.О., Пьянкова А.А. Скрининг гена альфа-субъединицы бензоат диоксигеназы в бактериальных ассоциациях, полученных в результате селекции на (хлор)ароматических соединениях // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2019. Вып. 4. С. 464–470.
- Пьянкова А.А. и др. Характеристика бактерий, выделенных из рудника Верхнекамского месторождения солей (Пермский край) // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2020. Вып. 4. С. 312–320.
- Шлегель Г. Общая микробиология: пер. с нем. М.: Мир, 1987. 567 с.

- Baggi G. et al. Co-metabolism of di- and trichlorobenzoates in a 2-chlorobenzoate-degrading bacterial culture: Effect of the position and number of halo-substituents // International Biodeterioration and Biodegradation. 2008. Vol. 62, № 1. P. 57–64.
- Chen Y. et al. Revealing the saline adaptation strategies of the halophilic bacterium *Halomonas beimenensis* through high-throughput omics and transposon mutagenesis approaches // Science Reports. 2017. Vol. 7. P. 183–195.
- Fatpure B.Z. Recent studies in microbial degradation of petroleum hydrocarbons in hypersaline environments // Frontiers in Microbiology. 2014. Vol. 5. P. 173.
- Field J.A., Sierra-Alvarez R. Microbial transformation of chlorinated benzoates // Reviews in Environmental Science and BioTechnology. 2008. Vol. 7. P. 191–210.
- García M.T. et al. *Halomonas organivorans* sp. nov., a moderate halophile able to degrade aromatic compounds // International Journal of Systematic and Evolutionary of Microbiology. 2004. Vol. 54, № 5. P. 1723–1728.
- Kim D. et al. Molecular cloning and functional characterization of the genes encoding benzoate and p-hydroxybenzoate degradation by the halophilic *Chromohalobacter* sp. strain HS-2 // FEMS Microbiology Letters. 2008. Vol. 280, № 2. P. 235–241.
- Parales R.E., Resnick S.M. Aromatic ring hydroxylating dioxygenases // Pseudomonas / Eds. J.L. Ramos, R.C. Levesque. Boston: Springer, 2006. P. 287–340.
- Pieper D.H. Aerobic degradation of polychlorinated biphenyls. // Applied Microbiology Biotechnology. 2005. Vol. 67, № 2. P. 170–191.
- Raymond R.L. Microbial oxidation of *n*-paraffinic hydrocarbons // Developments in Industrial Microbiology. 1961. Vol. 2, № 1. P. 23–32.

References

- Baggi G., Bernasconi S., Zangrossi M., Cavalca L., Vincenza A. Co-metabolism of di- and trichlorobenzoates in a 2-chlorobenzoate-degrading bacterial culture: Effect of the position and number of halo-substituents. *International Biodeterioration and Biodegradation*. V. 62, N 1 (2008): pp. 57-64.
- Chen Y., Lu C., Shyu Y., Lin S. Revealing the saline adaptation strategies of the halophilic bacterium *Halomonas beimenensis* through high-throughput omics and transposon mutagenesis approaches. *Science Reports*. V. 7 (2017): pp. 183-195.
- Egorova D.O., Korsakova E.S., Demakov V.A., Plotnikova E.G. [Destruction of aromatic hydrocarbons by the *Rhodococcus wratislaviensis* KT112-7 strain isolated from waste products of a salt-mining factory]. *Prikladnaja biochimija i mikrobiologija*. V. 49, N 3 (2013): pp. 267-278. (In Russ.).
- Egorova D.O., Pyankova A.A. [Alpha-subunit benzoate dioxygenase gene screening in bacterial associations obtained by selection on (chlorine) aromatic compounds]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 4 (2019): pp. 464-470. (In Russ.).
- Fathepure B.Z. Recent studies in microbial degradation of petroleum hydrocarbons in hypersaline environments. *Frontiers in Microbiology*. V. 5 (2014): p. 173.
- Field J.A., Sierra-Alvarez R. Microbial transformation of chlorinated benzoates. *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*. V. 7 (2008): pp. 191-210.
- García M.T., Mellado E., Ostos J.C., Ventosa A. *Halomonas organivorans* sp. nov., a moderate halophile able to degrade aromatic compounds. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. V. 54, N 5 (2004): pp. 1723-1728.
- Kim D., Kim S.W., Choi K.Y., Lee J.S., Kim E. Molecular cloning and functional characterization of the genes encoding benzoate and *p*-hydroxybenzoate degradation by the halophilic *Chromohalobacter* sp. strain HS-2. *FEMS Microbiology Letters*. V. 280, N 2 (2008): pp. 235-241.
- Parales R.E., Resnick S.M. Aromatic ring hydroxylating dioxygenases. In Pseudomonas. Eds. Ramos J.L., Levesque R.C. Boston, Springer, 2006, pp. 287-340.
- Pieper D.H. Aerobic degradation of polychlorinated biphenyls. *Applied Microbiology Biotechnology*. V. 67, N 2 (2005): pp. 170-191.
- Pyankova A.A., Usanina D.I., Aleev V.S., Blinov S.M., Plotnikova E.G. [Characteristics of bacteria isolated from the miner of the Verkhnekamsky salt deposit (Perm krai)]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 4 (2020): pp. 312-320. (In Russ.).
- Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons. *Developments in Industrial Microbiology*. V. 2, N 1 (1961): pp. 23-32.
- Schlegel H. *Obščaja mikrobiologija* [General Microbiology]. Moscow, Mir Publ., 1987. 567 p. (In Russ.).

Поступила в редакцию 08.07.2021

Об авторах

Усанина Дарья Игоревна, студент
ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0003-0436-0890
614068, Пермь, ул. Букирева, 15;
usanina_d@mail.ru; 89824588408

Пьянкова Анна Александровна, инженер лаборатории микробиологии техногенных экосистем «Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН
ORCID: 0000-0003-2210-7873x
614081, г. Пермь, ул. Голева, 13;
annpjankva@mail.ru; (342)2808431

About the authors

Usanina Darya Igorevna, student
Perm State University.
ORCID: 0000-0003-0436-0890
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;
usanina_d@mail.ru; 8-9824588408

Pyankova Anna Aleksandrovna, engineer of laboratory of microbiology of technogenic ecosystems Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS.
ORCID: 0000-0003-2210-7873x
13, Golev str., Perm, Russia, 614081;
annpjankva@mail.ru; (342)2808431

Плотникова Елена Генриховна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией микробиологии техногенных экосистем «Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН
профессор кафедры ботаники и генетики растений
ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0002-0107-0719
614081, Пермь, ул. Голева, 13; peg_el@mail.ru; (342)2808431

Plotnikova Elena Genrikhovna, doctor of biology, head of the laboratory of microbiology of technogenic ecosystems
Institute of Ecology and Genetics of Microorganism UB RAS.

professor of the Department of botany and plant genetics
Perm State University.

ORCID: 0000-0002-0107-0719
13, Golev str., Perm, Russia, 614081;
peg_el@mail.ru; (342)2808431

Информация для цитирования:

Усанина Д.И., Пьянкова А.А., Плотникова Е.Г. Галофильный штамм-деструктор бензойной кислоты *Halomonas* sp. D2 // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 171–177. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-171-177.

Usanina D.I., Ryankova A.A., Plotnikova E.G. [Benzoic acid-degrading halophilic strain *Halomonas* sp. D2]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 171-177. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-171-177.

УДК 579.23

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-178-184.

А. В. Шилова¹, Г. Г. Глебов¹, Ю. Г. Максимова^{1,2}

¹ "Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН" – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ АЛКАЛОФИЛЬНОЙ БАКТЕРИИ *Bacillus aequororis* К ВЫСОКОЙ СОЛЕННОСТИ И ЩЕЛОЧНОСТИ СРЕДЫ

Получены АСМ-изображения и вычислены морфометрические параметры клеток факультативного алкалофила *Bacillus aequororis* 5-ДБ и нейтрофильного *B. subtilis* ATCC 6633 после инкубации в щелочной среде с высокой концентрацией хлорида натрия. Показано, что адаптация *B. aequororis* 5-ДБ не сопровождается значительными изменениями морфометрических параметров, при этом незначительно (в 1–1.5 раза) снижается объем клеток и возрастает шероховатость их поверхности. Нейтрофильная бацилла, наоборот, реагирует на увеличение концентрации соли и pH (50 г/л, pH 11) значительными изменениями клетки: в 2–3 раза уменьшается объем клетки, а при суточной адаптации к 50 г/л соли и pH 8 возрастает в 2.4 раза за счет увеличения длины клетки. Морфология клеток алкалофильной бациллы, в отличие от таковой нейтрофильной, не претерпевает значительных изменений при высокой минерализации среды как при непосредственном воздействии, так и после суточной адаптации.

Ключевые слова: алкалофилы; бациллы; атомно-силовая микроскопия; морфология.

A. V. Shilova¹, G. G. Glebov¹, Yu. G. Maksimova^{1,2}

¹ Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms of the Ural Branch RAS, Perm, Russian Federation

² Perm State University, Perm, Russian Federation

Morphological aspects of adaptation of the alkalophilic bacteria *Bacillus aequororis* to high salinity and alkalinity of the medium

AFM-images were obtained and the morphometric parameters of cells of the facultative alkalophile *Bacillus aequororis* 5-DB and neutrophilic *Bacillus subtilis* ATCC 6633 were calculated after incubation in an alkaline medium with a high concentration of sodium chloride. It was shown that adaptation of *B. aequororis* 5-DB is not accompanied by significant changes in morphometric parameters, while the volume of cells slightly (by 1–1.5 times) decreases and their surface roughness increases. Neutrophilic bacillus, on the contrary, reacts to an increase in salt concentration and pH (50 g/l, pH 11) by significant changes in the cell: the cell volume decreases 2–3 times, and with daily adaptation to 50 g/l salt with pH 8 increases by 2.4 times due to the increase in cell length. Cells of an alkalophilic bacillus, in contrast to those of a neutrophilic bacillus, do not undergo significant changes in morphology with a high mineralization of the environment, both under direct exposure and after daily adaptation.

Key words: alkalophiles; bacilli; atomic force microscopy; morphology.

Введение

В щелочных биотопах с повышенной минерализацией, к которым относятся естественные экосистемы – содовые озера, и среды антропогенного происхождения, такие, как содовые шламохранилища, развивается сообщество микроорганизмов, адаптированное к экстремальным условиям такого типа. Сообщество включает экстремофилов – микроорганизмов, которые оптимально развиваются в условиях, отличающихся от так называемых физиологических и экстремотолерантных организмов, способных выживать в таких средах, не яв-

ляющихся оптимальными для роста и размножения. Алкалофилам для жизнедеятельности требуется щелочная среда, а оптимум их роста находится в пределах pH 10.0. На основе предпочтения к различным значениям водородного показателя среды обитания такие микроорганизмы группируются в две широкие категории: устойчивые к щелочи организмы, которые демонстрируют оптимальный рост при pH 7.0–9.0, но не могут расти выше pH 9.5, и алкалофильные организмы, которые оптимально растут при pH от 10.0 до 12.0. Они, в свою очередь, подразделяются на факультативных алкалофилов, хорошо растущих в диапа-

зоне нейтральных pH, но с оптимумом при pH 10.0 или выше, и облигатных алкалофилов, которые демонстрируют оптимальный рост при pH выше 10.0, но не растут ниже pH 9.0 [Borkar, 2015].

Вторым экстремальным фактором, который действует на микроорганизмы в щелочных экосистемах, в частности, в содовых шламохранилищах, является высокая минерализация среды. Следствием высокой концентрации соли в среде является потеря клеткой воды в результате осмоса, сопровождающаяся плазмолизом. Клетке для сохранения тургора необходимо поддерживать внутриклеточное осмотическое давление выше такового окружающей среды [Ogen, 2008]. Для этого галофилами осуществляется две стратегии: 1) "соль внутри", заключающаяся в аккумуляции молярных концентраций хлорида калия в клетке, и 2) синтез осмотически активных соединений клеткой. Так, выживание и рост *Bacillus subtilis* в осмотически изменяющейся среде обитания зависит от высоко интегрированных реакций клеточной адаптации, которые либо являются частью общего стрессового ответа, либо специфичны для осмотического стресса. Специфические стрессовые реакции многих *Bacillus* spp. включают синтез и поглощение определенных органических осмолитов, в частности пролина, глицин бетаина и эктоина, в гиперосмотических условиях [Bremer, 2002]. При попадании микробной клетки в высокоминерализованную среду первыми возникают изменения морфологии и шероховатости поверхности, которые могут быть различными у клеток галоалкалофильных и нейтрофильных бактерий.

Алкалофилы демонстрируют множественные адаптивные реакции, позволяющие им жить при высоком pH [Dhakar, Pandey, 2016]. Известно, что алкалофильным микроорганизмам при росте в щелочной среде, характеризующейся низким содержанием протонов и высоким содержанием ионов натрия, помимо осмоадаптации, необходимо поддерживать внутриклеточный pH-гомеостаз. Протоны, выводимые из клетки в процессе дыхания, не способны совершать полезную работу при возвращении в цитоплазму, поскольку будут двигаться против градиента концентрации. Эта проблема решается клеткой с помощью Na^+/H^+ -антипортеров, которые участвуют в замещении ионов натрия на протоны. Формирование хемиосмотического обратного ΔpH обеспечивается электрохимическим градиентом Na^+ [Деткова, Пушева, 2006; Морозкина и др., 2010; Krulwich, Sachs, Padan, 2011].

В клетках алкалофилов в адаптации к высокому pH участвует не только цитоплазма, но и клеточная стенка, содержащая соединения с большим количеством карбоксильных групп. Их отрицательный заряд отталкивает карбоксильные ионы и адсорбирует протоны и ионы натрия [Морозкина и др.,

2010]. Однако морфологические изменения и влияние pH среды и повышенной концентрации соли на топографию поверхности алкалофильных бактерий недостаточно изучены, в связи с чем целью настоящей работы явилось определение морфометрических показателей и шероховатости поверхности клетки алкалофильного *Bacillus aequororis* при изменении pH среды и увеличении концентрации хлорида натрия в среде и их сравнение с таковыми нейтрофильного штамма *B. subtilis*.

Изменения морфологии, топографии поверхности микробной клетки, ее внешняя структура с высокой точностью могут регистрироваться с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ). Так, АСМ успешно использовали для изучения капсул [Yu, Ivanisevic, 2004; Stukalov, 2008], спор [Zolock et al., 2006], взаимодействия микробных биопленок с субстратом [Beech et al., 2002], поверхности клеток [Dorobantu, Goss, Burrell, 2012], оценки влияния токсичных веществ, наночастиц, растворителей и других повреждающих агентов на клетку [Жоршунова и др., 2016; Максимова, Кузнецова, Демаков, 2016; Glebov et al., 2018]. В связи с этим, основным методом изучения была выбрана АСМ.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования и условия культивирования

Bacillus aequororis 5-ДБ (GenBank MT875306) выделили с поверхности грунта старой карты содового шламохранилища АО "Березниковский содовый завод" на богатой среде следующего состава (г/л): пептон – 10, глюкоза – 10, дрожжевой экстракт – 5, K_2HPO_4 – 1, Na_2CO_3 – 10, pH 11 [Шилова, Максимов, Максимова, 2021], культивировали на жидкой и поддерживали на твердой среде этого же состава с добавлением 2%-ного агар-агара бактериологического (ДиаМ, Россия). *Bacillus subtilis* ATCC 6633 культивировали на среде (г/л): пептон – 10, глюкоза – 10, дрожжевой экстракт – 5, K_2HPO_4 – 1, Na_2CO_3 – 3, pH 8. Биомассу бацилл наращивали в течение 7 сут. при 25°C в 100 мл среды состава, указанного выше, в 250 мл колбах Эрленмейера на орбитальном шейкере со скоростью вращения платформы 100 об/мин, концентрировали 20 мин. при 4 444 g на центрифуге 5804R (Eppendorf, Германия). Клетки *B. aequororis* 5-ДБ отмывали 3 раза боратным буфером (pH 11), *B. subtilis* ATCC 6633 – фосфатным буфером (pH 8) и помещали в минеральную среду, содержащую (г/л): KH_2PO_4 – 1.0, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – 3.7, NaCl – 0.5 или 50, pH среды доводили до нужных значений 1 M раствором NaOH.

Рост *B. aequororis* 5-ДБ и *B. subtilis* ATCC 6633 изучали в 12-луночных полистероловых плоскодонных планшетах (Eppendorf, Германия) на сре-

дах указанного выше состава с рН 8 и 11. Оптическую плотность суспензии (ОП540) определяли на планшетном ридере Infinite M1000 pro (TECAN, Швейцария) при длине волны 540 нм. Удельную скорость роста рассчитывали по формуле

$$\mu = 1 / ОП_0 (\Delta ОП / \Delta t), \text{ ч}^{-1},$$

где ОП₀ – ОП540 в момент времени t₀, ΔОП – изменение оптической плотности культуральной среды за время Δt, ч.

Атомно-силовая микроскопия

Морфологию бактериальных клеток и профили поверхности изучали в атомно-силовом микроскопе (АСМ) Asylum MFP-3D-BIO (Asylum Research, США) в лаборатории атомно-силовой и конфокальной микроскопии на базе Rhodococcus-центра Пермского государственного национального исследовательского университета. Сканирование осуществляли в полуконтактном режиме на воздухе с использованием кремниевых кантилеверов OMCL-AC240TS-R3 (Olympus, Taiwan), покрытых алюминием, с резонансной частотой 70 (50–90) кГц, радиусом кривизны иглы 7 нм и константой жесткости 2 (0.6–3.5) Н/м. Для определения линейных размеров клеток (длина, ширина, высота) и характеристики структуры поверхности клеток (шероховатости) получали двух- и трехмерные топографические изображения бактерий. Форма клетки была принята за эллипсоид, объем клетки был рассчитан по формуле

$$V = 4\pi abc / 3, \text{ мкм}^3,$$

где a – длина, мкм, b – ширина, мкм, c – высота, мкм.

Препараты для АСМ-сканирования готовили сразу после помещения клеток в соответствующий буфер (1–2 мин) и через сутки. Обработку микрофотографий проводили с помощью программы Igor Pro 6.22A (WaveMetrics, США).

Статистическая обработка. Результаты представлены по трем независимым опытам. При вычислении определяли среднюю, стандартное отклонение и стандартную ошибку среднего.

Результаты и их обсуждение

Влияние рН и высокой концентрации соли на морфологию и топографию поверхности клетки алкалофильной бактерии *B. aequororis* 5-ДБ, выделенного ранее из щелочного биотопа антропогенного происхождения, изучали в сравнении с неалкалофильным коллекционным штаммом *B. subtilis* ATCC 6633. Предварительно проанализировали динамику роста *B. aequororis* 5-ДБ и *B. subtilis* ATCC 6633 на слабо- и высокощелочной среде. Показали, что *B. aequororis* 5-ДБ накапливает значительно большую биомассу по сравнению

с *B. subtilis* ATCC 6633, как на среде с рН 11, так и на среде с рН 8 (рис. 1).

Оптическая плотность суспензии *B. subtilis* ATCC 6633 при росте на богатой среде с рН 11 не превышала 0.15. При росте *B. aequororis* 5-ДБ в этих условиях наблюдалась короткая фаза экспоненциального роста (10 ч.), на среде с рН 8 она удлинялась до 72 ч. Удельная скорость роста в экспоненциальной фазе при культивировании *B. aequororis* 5-ДБ на среде с рН 11 и 8 составляла 0.012 и 0.117 ч⁻¹ соответственно. Стационарная фаза роста *B. aequororis* 5-ДБ на обеих средах была длительной и волнообразной, рост сопровождался временным увеличением оптической плотности, сменяющимся ее снижением. Полного отмирания не наблюдалось, *B. aequororis* 5-ДБ на среде с рН 11 в течение изучаемого периода сохраняла жизнеспособность, что подтверждалось высевом на агаризованную среду. Таким образом, рост *B. aequororis* 5-ДБ на среде с рН 11 был достаточно выражен, хотя накопление биомассы, удельная скорость роста и продолжительность фазы активного роста были ниже, чем на среде с рН 8. На среде с рН 8 данный штамм рос только после последовательных пересевов и адаптации.

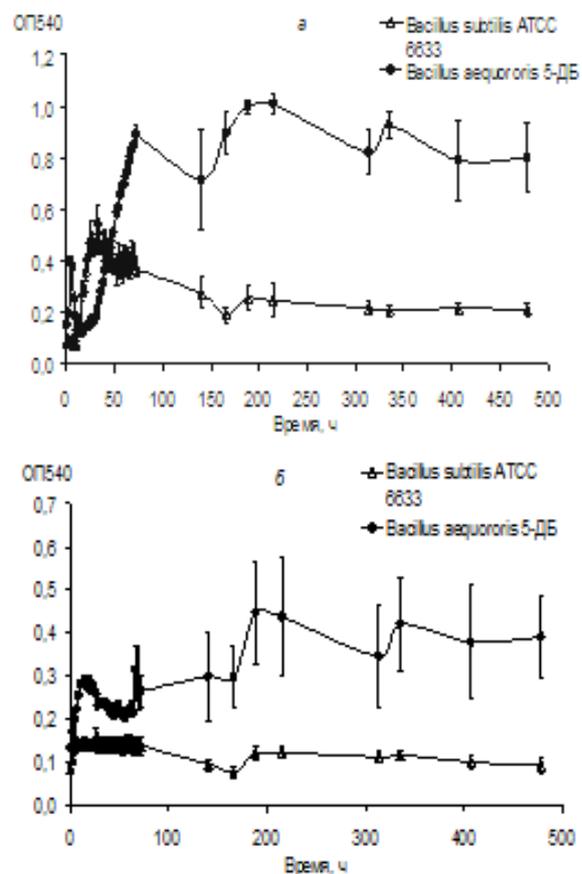


Рис. 1. Динамика роста *Bacillus aequororis* 5-ДБ и *B. subtilis* ATCC 6633 на среде с рН 8 (а) и 11 (б)

Далее изучали влияние рН 8 и 11 и 0.5 и 50 г/л хлорида натрия в среде на морфологию клеток и топографию их поверхности (таблица). Препараты готовили сразу после помещения клеток в такую среду и через сутки инкубации. Показано, что кратковременное воздействие среды с концентрацией NaCl 50 г/л приводило к возрастанию шероховатости поверхности как алкалофильного *B. aequororis* 5-ДБ, так и нейтрофильного *B. subtilis* ATCC 6633, тогда как при суточной адаптации этот показатель снижался, за исключением воздействия 50 г/л и рН 8 на *B. subtilis* ATCC 6633. Возрастание шероховатости может быть связано с незначительным снижением тургора при потере

клеткой воды в высокоминерализованной среде. Остальные морфометрические показатели у *B. aequororis* 5-ДБ изменялись слабо, как и объем клетки, который во всех вариантах опытов был несущественно ниже контроля. Однако у штамма нейтрофильных бацилл отличия во всех показателях были значительны, объем клетки снижался почти вдвое, а в варианте опыта с 50 г/л соли и рН 8 после суток адаптации значительно увеличивался за счет длины клеток. Таким образом, изменения морфологии клеток нейтрофильного штамма в высокоминерализованной среде были гораздо более выражены.

Изменение морфометрических показателей клеток *B. aequororis* 5-ДБ и *B. subtilis* ATCC 6633 в зависимости от рН среды и концентрации хлорида натрия

Условия инкубации (NaCl, г/л / рН)	Шероховатость, нм (RMS ± Average Deviation)	Длина, мкм	Ширина, мкм	Высота, мкм	V, мкм ³
<i>B. aequororis</i> 5-ДБ					
0.5/11 (контроль)	75.00±59.36	1.79±0.02	1.15±0.31	0.23±0.02	2.01
50/11 (сразу)	126.72±97.87	2.06±0.02	0.70±0.02	0.25±0.03	1.51
50/11 (сутки)	108.47±85.74	1.52±0.11	0.89±0.03	0.28±0.02	1.56
50/8 (сразу)	141.56±112.82	2.91±0.04	0.70±0.02	0.23±0.00	1.96
50/8 (сутки)	98.41±79.66	1.44±0.05	0.74±0.02	0.31±0.01	1.36
<i>B. subtilis</i> ATCC 6633					
0.5/8 (контроль)	77.35±61.49	3.97±0.05	0.74±0.02	0.27±0.01	3.24
50/11 (сразу)	101.48±83.65	2.14±0.12	0.74±0.00	0.27±0.01	1.79
50/11 (сутки)	66.62±52.32	2.94±0.08	0.76±0.02	0.17±0.08	1.60
50/8 (сразу)	135.56±111.59	1.10±0.32	0.70±0.02	0.34±0.00	1.10
50/8 (сутки)	144.17±120.59	4.96±0.06	1.15±0.12	0.33±0.02	7.87

Получены АСМ-изображения клеток *B. aequororis* 5-ДБ и *B. subtilis* ATCC 6633 после инкубации в условиях, отличных от контроля для данного штамма (рис. 2).

Контролем для *B. aequororis* 5-ДБ являлись условия 0.5 г/л NaCl в среде и рН 11, для *B. subtilis* ATCC 6633 – 0.5 г/л NaCl в среде и рН 8. Клетки *B. aequororis* 5-ДБ при воздействии 50 г/л NaCl в среде имели менее ровную поверхность, отмечалось скопление кристаллов соли, а после суточной

адаптации в среде с рН 8 и 50 г/л NaCl клетки представляли собой короткие утолщенные палочки, визуально отличающиеся от контроля. Клетки *B. subtilis* ATCC 6633 при воздействии высокоминерализованной среды имели неровные очертания и выраженную шероховатость поверхности, в препаратах отмечалось много неидентифицированных структур, по-видимому, являющихся клеточными обломками.

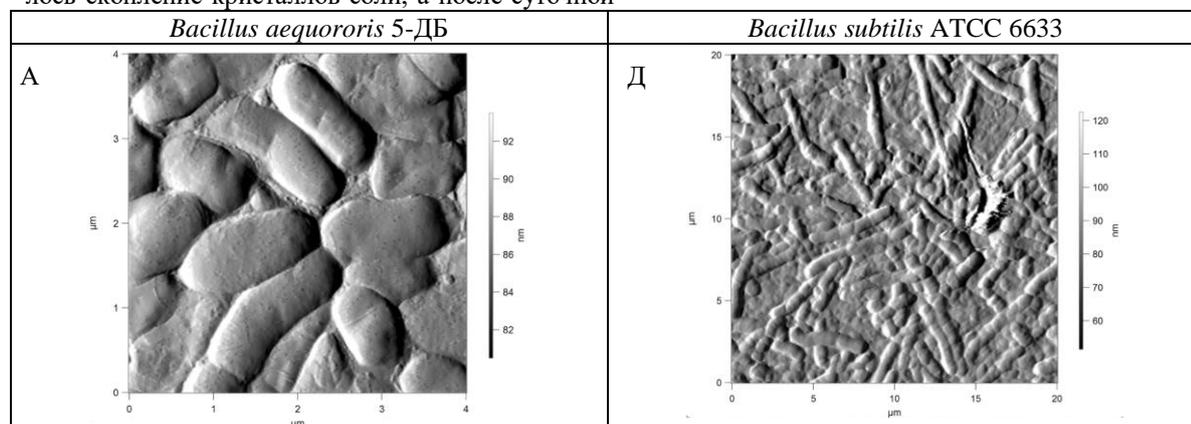


Рис. 2. АСМ-изображения клеток *B. aequororis* 5-ДБ: А – 0.5 г/л NaCl, рН 11 (контроль); *B. subtilis* ATCC 6633: Д – 0.5 г/л NaCl, рН 8 (контроль)

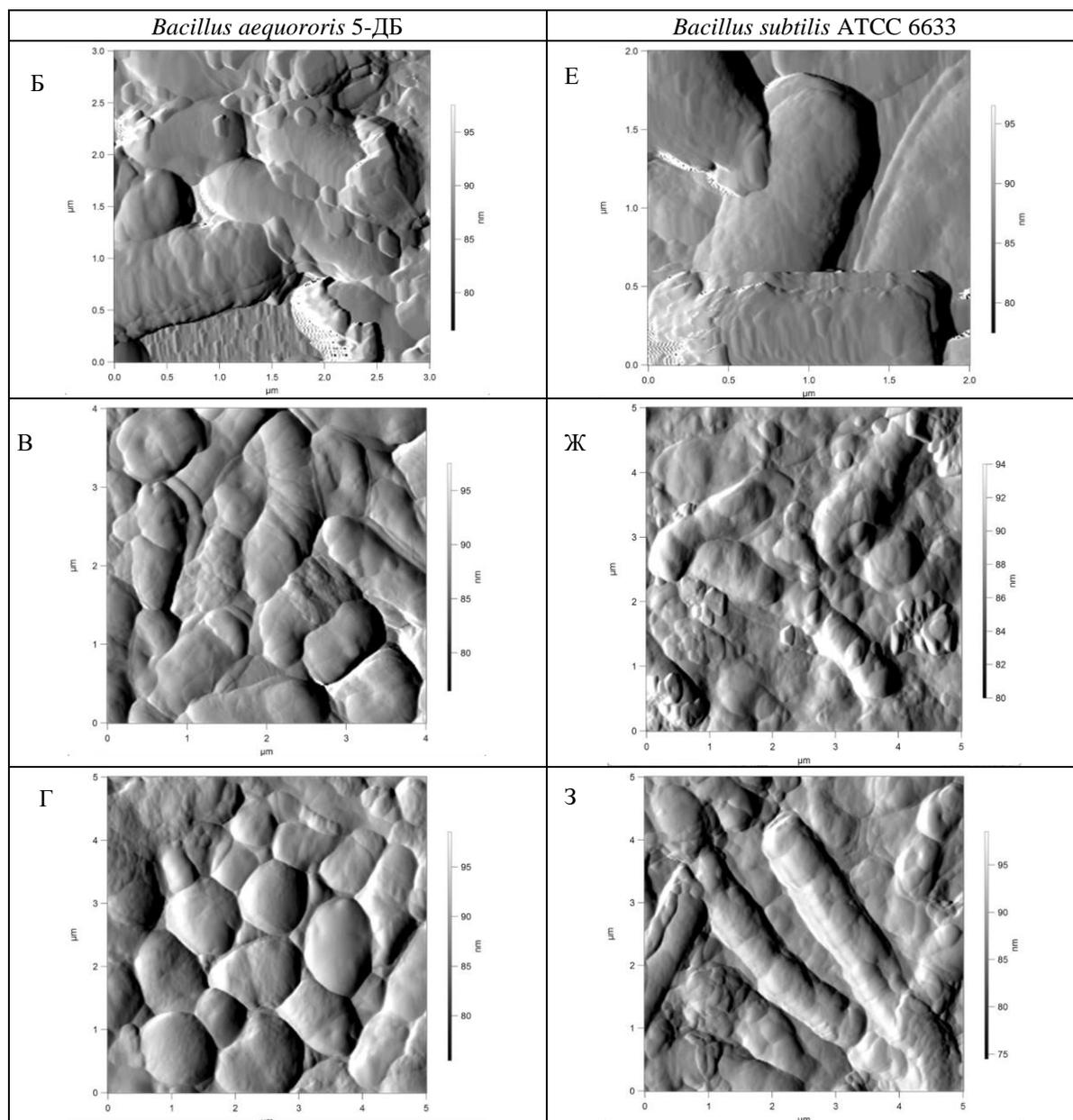


Рис. 2. Окончание: АСМ-изображения клеток *B. aequororis* 5-ДБ: Б – 50 г/л NaCl, pH 11 (сразу); В – 50 г/л NaCl, pH 11 (адаптация сутки); Г – 50 г/л NaCl, pH 8 (адаптация сутки).

B. subtilis ATCC 6633: Е – 50 г/л NaCl, pH 8 (сразу); Ж – 50 г/л NaCl, pH 11 (адаптация сутки); З – 50 г/л NaCl, pH 8 (адаптация сутки)

Заключение

Таким образом, *B. aequororis* 5-ДБ, исходя из способа его выделения и стратегии роста, можно отнести к факультативным алкалофилам. Определено, что удельная скорость роста в экспоненциальной фазе при культивировании на среде с pH 11 и 8 составляла 0.012 и 0.117 ч⁻¹ соответственно. Установлено, что морфология клеток алкалофильного *B. aequororis* 5-ДБ менее подвержена изменениям в среде с высокой концентрацией соли (50 г/л), чем нейтрофильного *B. subtilis* ATCC 6633,

клетки которого значительно уменьшаются в размерах, а после суточной адаптации к 50 г/л NaCl при pH 8, наоборот, увеличиваются в объеме за счет удлинения. Клетки *B. aequororis* 5-ДБ, являясь предадаптированными к высокой минерализации и щелочной среде, мало изменяются под влиянием условий, отличных от таковых культивирования. Шероховатость поверхности клеток и нейтрофильного, и алкалофильного штамма бацилл незначительно увеличивалась при возрастании концентрации соли в среде, что может говорить о потере воды клеткой, особенно на первых этапах адаптации к высокому содержанию соли.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90103.

Список литературы

- Деткова Е.Н., Пушева М.А. Энергетический метаболизм галофильных и алкалофильных ацетогенных бактерий // Микробиология. 2006. Т. 75, № 1. С. 5–17.
- Коришунова И.О. и др. Влияние органических растворителей на жизнеспособность и морфофункциональные свойства родококков // Прикладная биохимия и микробиология. 2016. Т. 52, № 1. С. 53–61.
- Максимова А.В., Кузнецова М.В., Демаков В.А. Влияние синтетических нитрилов на морфологию и жизнеспособность некоторых видов бактерий // Известия РАН. Сер. биол. 2016. № 6. С. 631–637.
- Морозкина Е.В. и др. Экстремофильные микроорганизмы: биохимическая адаптация и биотехнологическое применение (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46, № 1. С. 5–20.
- Шилова А.В., Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г. Выделение и идентификация алкалотолерантных бактерий с гидролитической активностью из содового шламохранилища // Микробиология. 2021. Т. 90, № 2. С. 155–165.
- Beech I.B. et al. The use of atomic force microscopy for studying interactions of bacterial biofilms with surfaces // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2002. Vol. 23. P. 231–247.
- Borkar S. Alkaliphilic Bacteria: Diversity, Physiology and Industrial Applications, Chapter 4 // Bioprospects of Coastal Eubacteria. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 59–83.
- Bremer E. Adaptation to Changing Osmolanty // Bacillus subtilis and Its Closest Relatives. Eds. A. Sonenshein, R. Losick, J. Hoch. Washington, ASM Press, 2002. P. 385–391.
- Dhakar K., Pandey A. Wide pH range tolerance in extremophiles: towards understanding an important phenomenon for future biotechnology // Applied Microbiology and Biotechnology. 2016. Vol. 100. P. 2499–2510.
- Dorobantu L.S., Goss G.G., Burrell R.E. Atomic force microscopy: A nanoscopic view of microbial cell surfaces // Micron. 2012. Vol. 43. P. 1312–1322.
- Glebov G. et al. Combined CLSM/AFM study of rhodococcus cell interactions with zinc oxide nanoparticles // Высокие технологии, определяющие качество жизни: материалы II Междунар. науч. конф. Пермь, 2018. С. 30–31.

- Krulwich T.A., Sachs G., Padan E. Molecular aspects of bacterial pH sensing and homeostasis // Nature Reviews Microbiology. 2011. Vol. 9. P. 330–343.
- Oren A. Microbial life at high salt concentrations: phylogenetic and metabolic diversity // Saline Systems. 2008. 4 : 2. DOI: 10.1186/1746-1448-4-2
- Stukalov O. Use of atomic force microscopy and transmission electron microscopy for correlative studies of bacterial capsules // Appl. and Environ. Microbiol. 2008. Vol. 74, № 17. P. 5457–5465.
- Yu M., Ivanisevic A. Encapsulated cells: an atomic force microscopy study // Biomaterials. 2004. Vol. 25. P. 3655–3662.
- Zolock R.A. et al. Atomic force microscopy of Bacillus spore surface morphology // Micron. 2006. Vol. 37. P. 363–369.

References

- Detkova E.N., Pusheva M.A. Energy metabolism in halophilic and alkaliphilic acetogenic bacteria. *Microbiology (Mikrobiologija)*. V. 75 (2006): pp. 1–11.
- Korshunova I.O., Pistsova O.N., Kuyukina M.S., Ivshina I.B. The effect of organic solvents on the viability and morphofunctional properties of rhodococcus. *Applied Biochemistry and Microbiology*. V. 52 (2016): pp. 43–50.
- Maksimova A.V., Kuznetsova M.V., Demakov V.A. The impact of synthetic nitriles on the morphology and viability of some bacterial species. *Biology Bulletin*. V 43 (2016): pp. 547–553.
- Morozkina E.V., Slutskaya E.S., Fedorova T.V., Tugay T.I., Golubeva L.I., Koroleva O.V. Extremophilic microorganisms: biochemical adaptation and biotechnological application (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. V. 46 (2010): pp. 1–14.
- Shilova A.V., Maksimov A.Yu., Maksimova Yu.G. Isolation and identification of alkalotolerant bacteria with hydrolytic activity from a soda sludge storage. *Microbiology (Mikrobiologija)*. V. 90 (2021): pp. 166–175.
- Beech I.B., Smith J.R., Steele A.A., Penegar I., Campbell S.A. The use of atomic force microscopy for studying interactions of bacterial biofilms with surfaces. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. V. 23 (2002): pp. 231–247.
- Bremer E. Adaptation to Changing Osmolanty. In Book: Bacillus subtilis and Its Closest Relatives. Eds. A. Sonenshein, R. Losick, J. Hoch. ASM Press, Washington, DC. 2002, pp. 385–391.
- Borkar S. Alkaliphilic Bacteria: Diversity, Physiology and Industrial Applications, Chapter 4 // In book: Bioprospects of Coastal Eubacteria. Ed. S. Borkar. Springer International Publishing, Switzerland, 2015, pp. 59–83.

- Dhakar K., Pandey A. Wide pH range tolerance in extremophiles: towards understanding an important phenomenon for future biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*. V. 100 (2016): pp. 2499–2510.
- Dorobantu L.S., Goss G.G., Burrell R.E. Atomic force microscopy: A nanoscopic view of microbial cell surfaces. *Micron*. V. 43 (2012): pp. 1312–1322.
- Glebov G., Lalande E., Kuyukina M., Ivshina I. Combined CLSM/AFM study of rhodococcus cell interactions with zinc oxide nanoparticles. *Vysokie tehnologii, opredeljajuschee kačestvo žizni* [Proceedings of the II International Scientific Conference "High Technologies Determining the Quality of Life"]. Perm, 2018, pp. 30–31.
- Krulwich T.A., Sachs G., Padan E. Molecular aspects of bacterial pH sensing and homeostasis. *Nature Reviews Microbiology*. V. 9 (2011): pp. 330–343.
- Oren A. Microbial life at high salt concentrations: phylogenetic and metabolic diversity. *Saline Systems*. (2008): pp. 4:2. DOI: 10.1186/1746-1448-4-2
- Stukalov O. Use of atomic force microscopy and transmission electron microscopy for correlative studies of bacterial capsules. *Appl. and Environ. Microbiol.* V. 74, N 17 (2008): pp. 5457–5465.
- Yu M., Ivanisevic A. Encapsulated cells: an atomic force microscopy study. *Biomaterials*. V. 25 (2004): pp. 3655–3662.
- Zolock R.A., Li G., Bleckmann C., Burggraf L., Fuller D.C. Atomic force microscopy of *Bacillus* spore surface morphology. *Micron*. V. 37 (2006): pp. 363–369.

Поступила в редакцию 13.07.2021

Об авторах

Шилова Анна Владимировна, аспирант
"Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН" – филиал ПФИЦ УрО РАН
ORCID: 0000-0001-8964-7502
614081, Пермь, ул. Голева, 13;
A.Shilova-IEGM@yandex.ru; (342)2124476

Глебов Григорий Геннадьевич, аспирант
"Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН" – филиал ПФИЦ УрО РАН
ORCID: 0000-0001-7220-4553
614081, Пермь, ул. Голева, 13;
grisha899@mail.ru; (342)2808114

Максимова Юлия Геннадьевна, доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией молекулярной биотехнологии "Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН" – филиал ПФИЦ УрО РАН
профессор кафедры микробиологии и иммунологии
ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0003-1870-1369
614081, Пермь, ул. Голева, 13; maks@iegm.ru; (342)2124476

About the authors

Shilova Anna Vladimirovna, graduate student
Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS.
ORCID: 0000-0001-8964-7502
13, Golev str., Perm, Russia, 614081;
A.Shilova-IEGM@yandex.ru; (342)2124476

Glebov Grigory Gennad'evich, graduate student
Institute of Ecology and Genetics of Microorganism UB RAS.
ORCID: 0000-0001-7220-4553
13, Golev str., Perm, Russia, 614081;
grisha899@mail.ru; (342)2808114

Maksimova Yuliya Gennad'evna, doctor of biology, associate professor, Head of the Laboratory of Molecular Biotechnology
Institute of Ecology and Genetics of Microorganism UB RAS.
professor of the Department of Microbiology and Immunology
Perm State University.
ORCID: 0000-0003-1870-1369
13, Golev str., Perm, Russia, 614081;
maks@iegm.ru; (342)2124476

Информация для цитирования:

Шилова А.В., Глебов Г.Г., Максимова Ю.Г. Морфологические аспекты адаптации алкалофильной бактерии *Bacillus aequororis* к высокой солености и щелочности среды // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 178–184. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-178-184.

Shilova A.V., Glebov G.G., Maksimova Yu.G. [Morphological aspects of adaptation of the alkalophilic bacteria *Bacillus aequororis* to high salinity and alkalinity of the medium]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 178–184. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-178-184.

ЗООЛОГИЯ

УДК 595.421

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-185-190.

В. В. Береснев¹, В. Е. Ефимик²

¹ ООО «Дезинфекционный отдел», Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Проведен критический анализ литературных сведений о распространении иксодового клеща *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 (= *D. pictus* Hermann, 1804) на территории Пермского края. Данные авторов, а также сотрудников Роспотребнадзора позволили уточнить распространение *D. reticulatus* в данном регионе. *D. reticulatus* достоверно обнаружен в Чайковском, Осинском, Оханском, Очерском, Нытвенском, Чернушенском, Суксунском р-нах Пермского края и в правобережной части г. Перми.

Ключевые слова: иксодовые клещи; *Dermacentor reticulatus*, распространение; Пермский край.

V. V. Beresnev¹, V. E. Efimik²

¹ Dezinfeksionnyi otdel, Perm, Russian Federation

² Perm State University, Perm, Russian Federation

New data on the distribution of *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 in the Perm region

A critical analysis of the literature data on the distribution of the ixodic tick *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 (= *D. pictus* Hermann, 1804) in the Perm territory was carried out. The data of the authors, as well as the staff of Rospotrebnadzor, made it possible to clarify the distribution of *D. reticulatus* in this region. *D. reticulatus* was reliably detected in the Tchaikovsky, Osinsky, Okhansky, Ochersky, Nytvensky, Chernushinsky, Suksunsky districts of the Perm Krai and in the right-bank part of Perm.

Key words: ixodid ticks; *Dermacentor reticulatus*; distribution; Perm region.

Введение

Клещи рода *Dermacentor* входят в отряд паразитиформных клещей (*Parasitiformes*) в составе семейства *Ixodidae*. Род обладает обширным ареалом и насчитывает в мировой фауне 32 вида. На территории России обитают 6 видов этого рода [Филиппова, 1984; Балашов, 1998].

В Пермском крае встречается только *D. reticulatus* Fabricius, 1794 (= *D. pictus* Hermann, 1804).

D. reticulatus Fabricius, 1794 обитает в зоне смешанных и лиственных лесов, лесостепи. В лесах приурочен к прогреваемым участкам: опушкам, лугам, зарослям кустарника. Проникает в степи, где держится в долинах рек, балках и других понижениях рельефа с высоким травостоем. Данный вид широко распространен в Европе, также встречается на Британских островах – в юго-западной Англии и западном Уэльсе [Колонин, 1984]. Южная граница ареала в Азии проходит по

восточному Казахстану, Киргизии, Узбекистану [Померанцев, 1950; Кулик, Винокурова, 1983].

В результате изменения климата в XXI в. наблюдается продвижение *D. reticulatus* на север в лесостепной зоне Средне-Волжской равнины, в степных ландшафтах Кавказских гор и Средней Азии, и на равнине Краснодарского края [Кербабаев, 2010].

В целом, для палеарктических и голарктических видов этого рода характерно обитание в различных степных и луговых ландшафтах; вместе с этим наблюдается их связь с горными ландшафтами. *D. pavlovskyi* Olenov, 1927 и *D. montanus* Filippova et Panova, 1974 встречаются в горах вплоть до верхней границы растительности на высоте 3 500–4 000 м. над ур. м. [Балашов, 1998].

Изучение распространения *D. reticulatus* на территории Пермского края имеет давнюю историю. В качестве первого обобщения этих данных И.Л. Кулик и Н.С. Винокурова [1983] указывают на сводку Галузо, опубликованную в 1948 г. В этой

работе, выполненной на основании литературных источников за период 1908–1946 гг., представлена карта, на которой отображены точки сборов и

штриховкой указана зона возможного обитания в Российской Федерации (рис. 1).



Рис. 1. Ареал клеща *Dermacentor reticulatus* на территории бывшего СССР [Кулик, Винокурова, 1983]:

1 — точки сбора клещей; 2 — граница ареала; 3 — предполагаемая граница ареала

Юго-западная часть Пермского края на этой карте отнесена к зоне возможного обитания, однако точки обнаружения этого вида в работе не указаны. При отсутствии населенных пунктов и подписей к точкам сбора клещей не представляется возможным определить их точное географическое положение.

Неточные литературные сведения о распространении данного вида клещей, а также сообщения о регистрации их сотрудниками лабораторий Роспотребнадзора, поступающие в последние годы, побудило нас заняться изучением распространения клещей р. *Dermacentor*, не типичного для нашего региона, на территории Пермского края.

Материал и методы исследования

Клещи рода *Dermacentor* характеризуются пастбищным типом паразитирования [Олсуфьев, 1953; Романенко, 2007]. Исходя из этого, в зависимости от высоты растительности, в качестве метода учета использовался сбор на флаг (на луговых и лесных участках с высокой травой и кустарниками) или на волокушу (на низкой растительности) [Беспятова, Бугмырин, 2012]. Оба метода и их описание взяты из Методических указаний 3.1.3012-12 [2012].

Для создания орудия лова в нашем случае использовался отрез вафельной ткани длиной 1 м и шириной 60 см.

Клещей, зацепившихся за ткань, снимали мягким пинцетом и помещали в пробирку с 70%-ным спиртом. Сборы клещей в солнечную погоду проводились в утренние (до наступления жары) и вечерние часы при отсутствии росы и сильного ветра. В пасмурные дни сборы велись и в дневные часы. При планировании сроков и времени сбора клещей учитывались температурные условия.

Наши исследования проводились весной и осенью 2018 г. Всего было проложено двенадцать маршрутов в Пермском, Березовском, Суксунском, Чайковском, Очерском, Нытвенском, Осинском, Октябрьском, Карагайском р-нах Пермского края, а также в пригороде г. Перми. Длина маршрута составляла 1 или 2 км. В основном обследовались опушки смешанных лесов по обочинам проселочных или лесных дорог. Выбирались участки, проходящие в том числе вдоль вырубков, полей, зарастающих полей или лугов.

Кроме этого, разовые сборы, в 2020 и 2021 гг., проводились в г. Перми и его окрестностях, а также в Суксунском р-не. Также мы использовали данные мониторинга эпидемиологической ситуации по инфекциям, передающимся с укусами кле-

щей, проводимого Роспотребнадзором за период 1965, 1968–2018 гг.

Результаты и их обсуждение

В вышеупомянутой работе И.Л. Кулик и Н.С. Винокурова [1983] сообщают о малой информативности литературных источников. На кадастрово-справочной карте, составленной ими, нанесена уточненная граница ареала на основании 437 указаний о местах сбора клещей, при этом точное указание места сбора клещей имелось только для 86 точек (20% от всех указаний). В ряде случаев были указаны названия населенных пунктов и географических мест, которые нельзя найти на картах среднего и крупного масштабов. Для 136 точек сбора были приведены карты. В 161 случае указаны только административные районы, а в 22 – только область или республика. В таких случаях на карте отмечали центры административных территорий [Кулик, Винокурова, 1983].

В тех регионах, где точек сбора клещей было недостаточно, для установления границы ареала использовали индикаторы – растительные формации, формирующие биотопы, пригодные для обитания *D. reticulatus*.

В границах известного ареала *D. reticulatus* обитает в зоне лиственных лесов и лесостепи, проникая в степные ландшафты. В лесной полосе предпочитает опушки и заросли кустарника. В степях обитает в понижениях рельефа с густым травостоем и достаточным увлажнением – в балках, долинах рек. В сухих степях и тайге не встречается. Биотопически связан с березовыми и осиновыми лесами, широколиственными лесами различных типов, равнинными и горными луговыми степями, среднегорными лугами, сельскохозяйственными землями на месте хвойно-широколиственных и лиственных лесов.

На Урале клещи распространились на сельскохозяйственных землях на месте сведенных таежных лесов [Кулик, Винокурова, 1983]. В Тюменской обл. по интразональным лугам в долинах р. Иртыш и Конда клещи обитают значительно севернее распространения березово-осиновых лесов [Кулик, Винокурова, 1983].

В соответствии с результатами, полученными И.Л. Куликом и Н.С. Винокуровой [1983], северная граница ареала в пределах бывшего СССР охватывает Калининградскую обл., Литву, южные районы Псковской и Новгородской обл., Тверскую обл.; от Рыбинского водохранилища идет по р. Волге, далее, не доходя до г. Казани, поднимается к северу и охватывает левобережье р. Волги, по р. Каме поднимается до г. Краснокамска, захватывая южные районы республики Удмуртия и образуя значительный выступ к северу; затем, обходя Уфимское плато, по предгорьям Южного Урала спуска-

ется к югу; в Зауралье поднимается к северу до г. Екатеринбурга и среднего течения р. Туры и подходит к низовьям р. Тобол; по долине р. Иртыш доходит до 59°40' с. ш. и низовий р. Конды, образуя узкий выступ к северу; затем по р. Иртышу спускается к югу до г. Тары, идет к верховьям р. Тары и далее на восток к г. Томску и подходит к р. Енисею южнее г. Красноярска (рис. 1).

С городом Краснокамском Пермского края, вероятно, возникла путаница вследствие отсутствия точных указаний места сбора клещей, на что ссылались авторы статьи [Кулик, Винокурова, 1983]. В том году, когда вышла эта статья, в Пермской обл. на р. Каме г. Краснокамск был, но не было Краснокамского р-на, в то время как в Башкирии на р. Каме был Краснокамский р-н, но нет и не было г. Краснокамска. Как ранее отмечалось, авторы [Кулик, Винокурова, 1983], при отсутствии точных данных, в качестве точки сбора указывали административные центры районов.

Учитывая это, указанный в статье населенный пункт «Краснокамск», в данном случае, скорее всего, не следует понимать, как г. Краснокамск в Пермском крае. С большей вероятностью имеется в виду Краснокамский р-н на севере Республики Башкортостан с административным центром – Николо-Берёзовка.

На отсутствие достоверных данных о нахождении данного вида на территории Пермского края указывают следующие соображения.

Во-первых, нигде в работе не упоминается Пермская обл. как зона распространения *D. reticulatus*.

Во-вторых, в обзоре иксодовых клещей Пермского края [Лыков, Митрофанова, 1971] *D. reticulatus* не упоминается; отмечается нахождение только трех следующих видов рода *Ixodes*: *I. persulcatus* Schulze, 1930, *I. apronophorus* Schulze, 1924, *I. trianguliceps* Birula, 1895.

В-третьих, в ответе на запрос, полученном от управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, клещи рода *Dermacentor* в рекогносцировочных энтомологических учётах фигурируют, начиная с 2012 г., и только в южных районах Пермского края.

При этом создалась ситуация, при которой реальное распространение и численность клещей рода *Dermacentor* в Пермском крае оставались неясными.

В результате проведенных нами учетов в 2018 г. удалось подтвердить наличие *D. reticulatus* в Чайковском, Осинском, Нытвенском и Очерском р-нах Пермского края.

Сборы 2020 и 2021 гг. выявили наличие данного вида в Суксунском р-не Пермского края, а также в микрорайоне Закамск Кировского р-на г. Перми.

Рекогносцировочные учеты, проведенные сотрудниками ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» подтвердили наличие этого

вида в Чернушенском, Оханском и Чайковском р-нах (рис. 2).

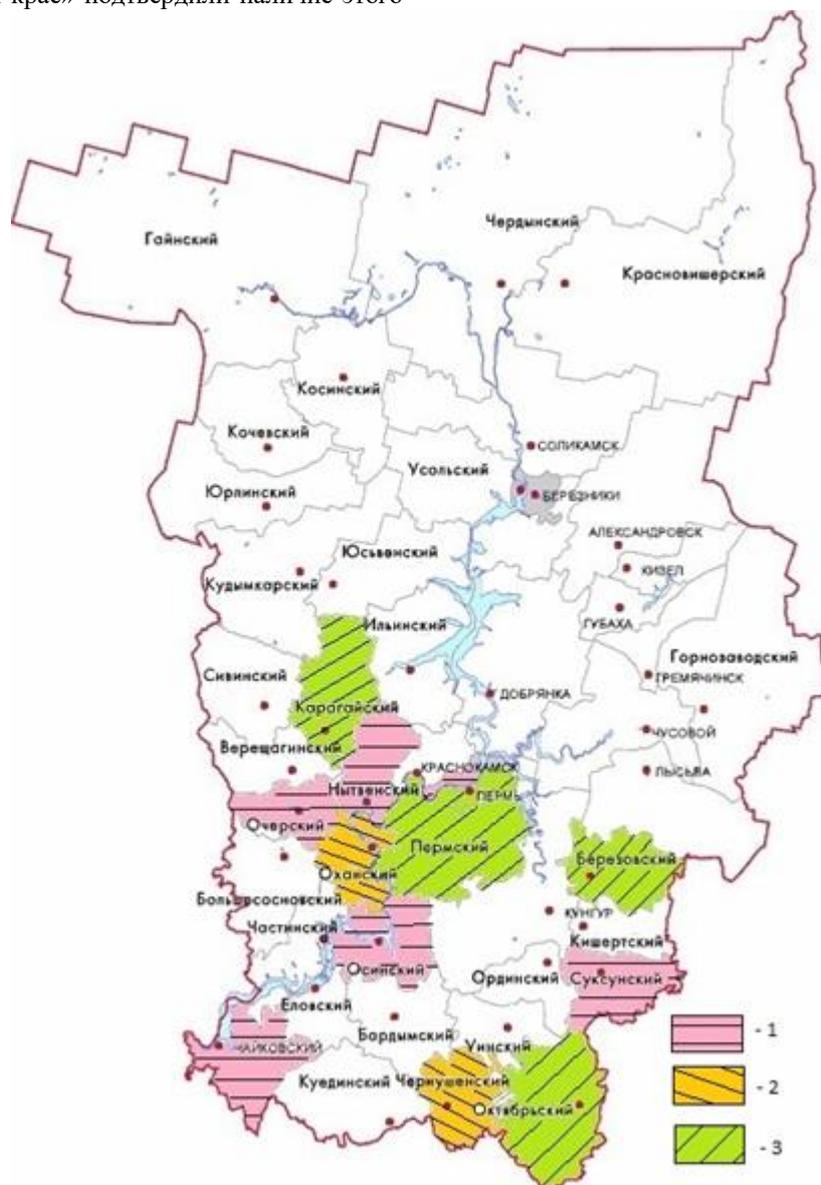


Рис. 2. Распространение *Dermacentor reticulatus* в Пермском крае:

1 – районы, в которых нами был обнаружен *D. reticulatus*; 2 – районы, в которых *D. reticulatus* обнаружен сотрудниками Роспотребнадзора; 3 – районы, в которых *D. reticulatus* нами не был обнаружен

Таким образом, территория обитания клеща *D. reticulatus* в Пермском крае в целом совпадает с ботанико-географическим районом широколиственно-слово-пихтовых лесов. Наиболее северные находки данного вида обнаружены в районе южно-таежных пихтово-еловых лесов с преобладанием сельскохозяйственных земель.

Выводы

1. Литературные указания о нахождении *Dermacentor reticulatus* в Краснокамском р-не Пермского края не доказаны.

2. Впервые представлено детальное распространение клеща *D. reticulatus* в Пермском крае. На сегодняшний день данный вид обнаружен в следующих районах: Чайковском, Оханском, Очерском, Нытвенском, Осинском, Чернушенском и Суксунском, а также в Кировском р-не г. Перми (рис. 2).

3. Нахождение *D. reticulatus* в Куединском, Еловском, Бардымском, Частинском, Краснокамском, Пермском р-нах Пермского края и в окрестностях г. Перми пока не подтверждено, но вполне вероятно, т.к. они находятся в том же ботанико-географическом районе, в котором встречается *D.*

reticulatus. Несомненно, что для этих, да и для других районов, необходимо проведение дополнительных исследований.

Список литературы

- Балашов Ю.С. Иксодовые клещи – паразиты и переносчики инфекций. СПб.: Наука, 1998. 287 с.
- Беспятова Л.А., Бугмырин С.В. Иксодовые клещи Карелии (распространение, экология, клещевые инфекции): учеб.-метод. пособие. Петрозаводск, 2012. 100 с.
- Кербабаяев Э.Б. Мониторинг клещей *Dermacentor marginatus* Sulzer, 1776 и *D. reticulatus* Fabricius, 1794 в Европейской части Российской Федерации (анализ литературы за последние 100 лет) // Российский паразитологический журнал. 2010. № 1. С. 56–62.
- Колонин Г.В. Мировое распространение иксодовых клещей. Роды *Dermacentor*, *Anocentor*, *Cosmiomma*, *Dermacentonomma*, *Boophilus*, *Margaropus*, *Nosomma*, *Rhipicentor*, *Rhipicephalus*, *Boophilus*, *Margaropus*, *Anomalohimalaya*. М., 1984. 96 с.
- Кулик И.Л., Винокурова Н.С. Ареал лугового клеща *Dermacentor pictus* в СССР (Ixodidae) // Паразитология. 1983. Т. 17, вып. 3. С. 207–213.
- Лыков В.А., Митрофанова Ю.Г. Материалы по распространению и экологии *Ixodes persulcatus* P. Sch в Пермской области // Вопросы арахноэнтомологии. Пермь, 1971. С. 10–38.
- Методические указания 3.1.3012-12. Эпидемиология, профилактика инфекционных болезней: сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней. М., 2012. 36 с.
- Олсуфьев Н.Г. К экологии лугового клеща *Dermacentor pictus* Herm., о происхождении его очагов и путях их ликвидации в средней полосе Европейской части РСФСР // Вопросы краевой, общей, экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. М., 1953. Т. 8. С. 49–98.
- Померанцев Б.И. Иксодовые клещи (Ixodidae). Л., 1950. 224 с.
- Романенко Н.В. Экологические основы этологии пастбищных иксодовых клещей (Parasitiformes, Ixodidae) при поиске и нападении на прокормителей // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 289. С. 224–228.
- Филиппова Н.А. Таксономический состав клещей семейства Ixodidae (Acarina, Parasitiformes) в фауне СССР и перспективы его изучения // Паразитологический сборник. Л., 1984. Вып. 32. С. 61–78.

References

- Balashov Yu.S. *Iksodovye klešči – parazity i perenosčiki infekcij* [Ixodid ticks – parasites and vectors of infections]. St-Peterburg, Nauka Publ., 1998. 287 p. (In Russ.).
- Bespyatova L.A., Bugmyrin S.V. *Iksodovye klešči Karelii* [Ixodid ticks of Karelia (distribution, ecology, tick-borne infections)]. Petrozavodsk, 2012. 100 p. (In Russ.).
- Kerbabaev E.B. [Monitoring of ticks *Dermacentor marginatus* Sulzer, 1776 and *D. reticulatus* Fabricius, 1794 in the European part of the Russian Federation (literature analysis for the last 100 years)]. *Rossiyskij parazitologičeskij žurnal*. N 1 (2010): pp. 56-62. (In Russ.).
- Kolonin G.V. *Mirovoe rasprostranenie iksodovykh kleščeĭ* [Worldwide distribution of ixodic ticks. Genera *Dermacentor*, *Anocentor*, *Cosmiomma*, *Dermacentonomma*, *Boophilus*, *Margaropus*, *Nosomma*, *Rhipicentor*, *Rhipicephalus*, *Boophilus*, *Margaropus*, *Anomalohimalaya*]. Moscow, 1984. 96 p. (In Russ.).
- Kulik I.L., Vinokurova N.S. [Area of the meadow tick *Dermacentor pictus* in the USSR (Ixodidae)]. *Parazitologija*. V. 17, Iss. 3 (1983): pp. 207-213. (In Russ.).
- Lykov V.A., Mitrofanova Yu.G. [Materials on the distribution and ecology of *Ixodes persulcatus* P. Sch in the Perm region]. *Voprosy arachnoèntomologii* [Questions of arachnoentomology]. Perm, 1971, pp 10-38. (In Russ.).
- Metodičeskie ukazaniya 3.1.3012-12*. [Guidelines 3.1.3012-12. Epidemiology, prevention of infectious diseases. Collection, registration and preparation for laboratory research of blood-sucking arthropods in natural foci of dangerous infectious diseases]. Moscow, 2012. 36 p. (In Russ.).
- Olsufev N.G. [On the ecology of the meadow tick *Dermacentor pictus* Herm. on the origin of its foci and ways of their elimination in the middle zone of the European part of the RSFSR]. *Voprosy kraevoj, obščei, èksperimental'noj parazitologii i medicinskoj zoologii*. (Moscow). V. 8 (1953): pp 49-98. (In Russ.).
- Pomerantsev B.I. *Iksodovye klešči (Ixodidae)* [Ixodid ticks (Ixodidae)]. Leningrad, 1950. 224 p. (In Russ.).
- Romanenko N.V. [Ecological bases of ethology of pasture ixodid mites (Parasitiformes, Ixodidae) when searching for and attacking feeders]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. N 289 (2007): pp. 224-228. (In Russ.).
- Filippova N. A. [Taxonomic composition of ticks of the family Ixodidae (Acarina, Parasitiformes) in the fauna of the USSR and prospects for its study]. *Parazitologičeskij sbornik* (Leningrad). Iss. 32 (1984): pp. 61-78. (In Russ.).

Поступила в редакцию 28.05.2021

Об авторах

Береснев Виктор Владимирович, медицинский
энтомолог
ООО «Дезинфекционный отдел»
ORCID: 0000-0001-9049-9260
614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109а, офис
358; Ber-t@mail.ru; (342)2767849

Ефимик Виктор Евгеньевич, кандидат
биологических наук, доцент кафедры зоологии
беспозвоночных и водной экологии
ФГАОУВО «Пермский государственный нацио-
нальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0002-9044-1074
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
efimik.viktor@mail.ru; (342)2396494

About the authors

Beresnev Viktor Vladimirovich, medical
entomologist
The Limited liability company «Dezinfektsionnyi
otdel».
ORCID: 0000-0001-9049-9260
109a Kuibyshev str., office 358, Perm; Russia,
614010; Ber-t@mail.ru; (342)2767849

Efimik Viktor Evgenievich, candidate of biology,
associate professor of the Department of
invertebrates zoology and water ecology
Perm State University.
ORCID: 0000-0002-9044-1074
15, Bukirev str., Perm; Russia, 614068;
efimik.viktor@mail.ru; (342)2396494

Информация для цитирования:

Береснев В.В., Ефимик В.Е. Новые данные о распространении *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 в Пермском крае // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 185–190. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-185-190.

Beresnev V.V., Efimik V.E. [New data on the distribution of *Dermacentor reticulatus* Fabricius, 1794 in the Perm region]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 185-190. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-185-190.

УДК 595.44:581.524.3(1-924.95)

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-191-205.

С. Л. Есюнин¹, Н. Л. Ухова², А. М. Домолазова¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Висимский государственный природный биосферный заповедник, Кировград Свердловской обл., Россия

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ПАУКОВ И СЕНОКОСЦЕВ (ARACHNIDA, ARANEAE, OPILIONES) МОДЕЛЬНЫХ БИОЦЕНОЗОВ ВИСИМСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Группировки герпетобионтных пауков четырех местообитаний: двух семилетних гарей, елово-березового и пихтово-елового лесов были исследованы в Висимском заповеднике (Свердловская обл.) в течение мая-сентября 2017 г. методом почвенных ловушек. Структура населения пауков гаревых биотопов существенно отличается от таковой лесов по видовому составу, попадаемости (экз./100 ловушко-суток), сезонной динамике и доминантным видам. Различия в структуре населения наиболее выражены в летний период. В летних группировках пауков гарей наиболее многочисленны *Agyneta allosubtilis*, *Alopecosa pulverulenta*, *P. fulvipes*, *P. lugubris*, *P. riparia* и *Piratula hygrophila*, в лесах – *Allomengea scopigera* и *Haplodrassus soerenseni*.

Ключевые слова: пирогенные сообщества; сезонная динамика; мониторинг; горные леса; Средний Урал.

S. L. Esyunin¹, N. L. Ukhova², A. M. Domolazova¹

¹ Perm State University, Perm, Russian Federation

² Visimskiy Nature Reserve, Kirovgrad, Sverdlovsk Area, Russian Federation

Structure of spider-harvestman assemblages (Arachnida, Araneae, Opiliones) of model biotopes of Visimskiy natural reserve

The assemblages of herpetobiont spiders from four habitats: two seven-year-old burns, spruce-birch and fir-spruce forests, were examined in the Visimskiy Reserve (Sverdlovsk Region) during May-September 2017 using pitfall-traps. The structure of the spiders population of burns significantly differs from that of forests in species composition, total occurrence rate (ind./100 trap-days), seasonal dynamics and composition of the dominant species. Differences in the structure of the population are most pronounced in the summer. In summer spider assemblages of burns, the most abundant are *Agyneta allosubtilis*, *Alopecosa pulverulenta*, *P. fulvipes*, *P. lugubris*, *P. riparia* and *Piratula hygrophila*, in forests - *Allomengea scopigera* and *Haplodrassus soerenseni*.

Key words: pyrogenic communities; seasonal dynamics; monitoring; mountain forest; Middle Urals.

Введение

Таежные лесные пожары, являясь повторяющимися воздействиями, оказывают не только непосредственное влияние на животных, но и существенно изменяют среду их обитания [Niklasson, Granström, 2000; Wardle et al., 2003; Mordkovich et al., 2008; Gongalskij, Persson, 2013; Gorbunova et al., 2017].

Пауки являются удобной модельной группой для исследования последствий лесных пожаров, т.к. обычно они встречаются в большом количестве [Huhta, 1971; Coyle, 1981; Jennings et al., 1988; Coddington, Young, Coyle, 1996; Buddle, Spence, Langor, 2000], а распределение и численность отдельных видов тесно связаны со структурными характеристиками среды обитания [Uetz, 1979; Hatley, Macmahon, 1980; Rajunen et al.,

1995]. Пауки также являются ключевыми элементами детритных и пастбищных пищевых сетей лесных экосистем [Wise, 1993; Atlegrim, Sjoberg 1995; Nyffeler 2000].

Несмотря на наметившееся в последнее время увеличение интереса к изучению пирогенных группировок пауков бореальных лесов [Hauge, Kvamme, 1983; Aitchison-Benell, 1994; Buddle, Spence, Langor, 2000; Koponen, 2005; Larrivée, Fahrig, Drapeau, 2005; Samu et al., 2010], ощущается существенный недостаток исходной информации [Gongalskij, Persson, 2013].

Первые сведения о пауках и сенокосцах Висимского заповедника были получены нами в ходе комплексного изучения почвенной мезофауны коренных и производных лесных сообществ заповедника в 1989–1994 гг. Результаты данных исследо-

ваний послужили основой для организации мониторинговых наблюдений на данной территории. К настоящему времени в фауне Висимского заповедника выявлено 253 вида пауков и 5 видов сенокосцев, описано их биотопическое распределение [Есюнин, Ухова, 2011].

Катастрофические природные явления: массовый ветровал 1995 г. и последующие пожары 1998 и 2010 гг. в северо-восточной части заповедника, привели к существенным перестройкам группировок почвенно-подстилочных и герпетобионтных беспозвоночных. Нами было показано, что в населении пауков ветровальных участков увеличилось количество видов, характерных для лугов, начальных стадий сукцессий и термофильных видов [Есюнин, Ефимик, Мазура, 2000; Есюнин и др., 2001; Есюнин, Шумиловских, 2003]. Трансформация биоценозов после сильных пожаров оказывается более значительной, чем после ветровала. В первый год после пожара гаревые группировки пауков характеризовались высокой специфичностью структуры населения. Наблюдалось значительное снижение количества видов, а у таксонов, переживших пожар, – значимое снижение численности. Из паукообразных на свежей гари (месяц после пожара) были выявлены только два вида пауков: *Robertus lividus* и *Centromerus arcanus*. В конце лета число видов пауков увеличилось до десяти, и они составляли около 60% от обилия герпетобионтных беспозвоночных. Названная нами первично-пирогенной [Есюнин, Шумиловских, 2003], эта группировка беспозвоночных представляла из себя остаточный, сильно обедненный по количеству видов и особой комплекс исходного пихто-ельника.

В процессе восстановления кустарниковой и травяной растительности первично-пирогенная группировка трансформировалась в травяно-кустарниковую. Первые два года (1999 и 2000 гг.) наблюдалось быстрое изменение структуры и видового состава группировок беспозвоночных [Есюнин, Шумиловских, 2003]. В отличие от жу-желиц, для которых характерна дискретность сукцессионных стадий, структура комплексов паукообразных изменялась континуально. Общим трендом было постепенное увеличение значимости паука *Allomengea scopigera*.

На второй и пятый годы после повторного пожара сохранились существенные различия между населением пауков горевших и контрольных участков как по количественным, так и по качественным показателям [Ухова и др., 2014; Ухова, Есюнин, 2016]. Если в населении пауков контрольного пихто-ельника наиболее обильными видами были *A. scopigera*, *Agyreta allosubtilis*, *Alopecosa taeniata*, то в населении послепожарного сообщества – *Pardosa riparia* и *P. fulvipes*.

Данное исследование является продолжением

мониторинга изменений структуры населения паукообразных в послепожарных сообществах Висимского заповедника.

Материал и методы исследования

Мониторинг населения беспозвоночных животных в Висимском заповеднике ведется на пробных зоологических площадках (ПЗП). В 2017 г. сбор материала по структуре герпетобионтного комплекса производился непрерывно в течение всего вегетационного периода (середина мая – середина сентября). Для сбора материала использовались почвенные ловушки (ловушки Барбера) – стеклянные банки объемом 0.5 л., диаметром 73 мм, на треть наполненные фиксатором (этиленгликоль). Периодичность сбора материала – две недели в августе, 10 дней – в прочие месяцы. Наблюдения велись на четырех ПЗП. Подробное описание биотопов дано в работах Р.З. Сибгатуллина [2014, 2018]. Краткое описание обследованных площадок приводится ниже.

ПЗП-2 – малиново-кипрейно-вейниковое послепожарное сообщество (кв. 112; 57°23,757'N, 59°44,515'E). В 1995 г. коренной лес был нарушен катастрофическим ветровалом. Впоследствии оставшийся древостой усыхал и выпадал, а сохранившийся подрост из пихты сибирской (*Abies sibirica*) и ели сибирской (*Picea obovata*) активно развивался. В 2010 г. пробная площадь оказалась на границе пожара и выгорела мозаично, пятнами. В настоящее время живого древостоя нет. В 2013 г. началось активное возобновление березы пушистой (*Betula pubescens*), ивы козьей (*Salix caprea*). В травянистом ярусе доминируют иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), вейники Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*) и притупленный (*Calamagrostis obtusata*).

ПЗП-20 – кипрейно-вейниковое послепожарное сообщество (кв. 112; 57°23,988'N, 59°43,833'E). В 1995 г. коренной лес был нарушен катастрофическим ветровалом; в 1998 г. – интенсивным низовым пожаром. Впоследствии оставшийся древостой усыхал и выпадал. В 2010 г. по участку снова прошёл пожар, он прошёл бегло, задерживаясь только на обгоревших ранее ветровальных деревьях, многие из которых на этот раз сгорели дотла. С 2013 г. отмечено возобновление ивы козьей, единично осины (*Populus tremula*). В травянистом ярусе доминируют вейники притупленный и Лангсдорфа, иван-чай узколистный.

ПЗП-7 – елово-березовый вейниково-высокотравный лес (кв. 123; 57°23,300'N, 59°44,624'E). Состав древостоя – 5Б4Е1П, подрост – 8Е2П. Подлесок редкий. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют вейник притупленный, перловник понижающийся (*Melica nutans*), цicerбита уральская (*Cicerbita uralensis*), сныть обыкновенная (*Aego-*

podium podagraria), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*), копытень европейский (*Asarum europaeum*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*).

ПЗП-19 – пихто-ельник высокотравно-папоротниковый коренной (кв. 112; 57°23,908'N, 59°44,307'E). Площадь сохранившегося пихто-ельника около 1000 га. Он окружен гарями, ветровальными участками и разновозрастными березняками. Состав древостоя 6П4Е. Древостой разреженный, около 18% древостоя составляет сухой. Подrost разреженный, представлен пихтой и елью. В подлеске господствует малина обыкновенная (*Rubus idaeus*), бузина сибирская (*Sambucus sibirica*), смородина шетинистая (*Ribes hispidulum*) и черёмуха обыкновенная (*Padus avium*). В травяном ярусе доминируют щитовник распростертый (*Dryopteris assimilis*), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*), кислица обыкновенная, вейник притупленный.

Предварительный анализ показал, что первичные пробы паукообразных кластеризуются в сезонные группы. Это позволило сгруппировать данные, объединив их в весеннюю (середина мая – первая декада июня), летнюю (вторая декада июня – первая декада августа) и осеннюю (вторая декада августа – середина сентября) группы проб. В статье анализируются усредненные показатели для выделенных аспектов населения паукообразных.

В качестве показателя доминирования использовалась пятибалльная, ограниченная сверху логарифмическая шкала, предложенная Ю.А. Песенко [1982]. Данные по сезонной динамике аппроксимировались встроенными средствами программы Microsoft Excel – методом полиномиальной регрессии. Структура населения пауков проанализирована посредством алгоритма Detrended correspondence analysis (DCA; без трендовый анализ соответствия), выполненного в программе PAST [Hammer, Harper, Ryan, 2001].

Население гарей

На малиново-кипрейно-вейниковой гари (ПЗП-2) отмечено максимальное количество видов пауков (65), и 5 видов сенокосцев (табл. 1).

В сезонной динамике попадаемости пауков отмечены два пика: первый приходится на июнь, второй – на первую декаду сентября (рис. 1А) с максимальной попадаемостью 210 и 246 экз./100 лов. сут., соответственно. Летом наиболее многочисленны половозрелые пауки-волки, такие как *A. taeniata*, *P. lugubris*, *P. riparia*, *P. hygrophilus*, и гнафозида *H. soerenseni* (табл. 1). Осенью обильны неполовозрелые особи *A. taeniata* и пауки-балдахинники: *A. scopigera*, *D. concolor*, *T. mengei*.

Таблица 1

Видовой состав, попадаемость (экз./100 лов. сут.) и некоторые показатели разнообразия населения пауков и сенокосцев малиново-кипрейно-вейниковой гари (ПЗП-2) и вейниково-кипрейной гари (ПЗП-20)

Таксон	Биотопы					
	ПЗП-2			ПЗП-20		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Aranei						
Araneidae						
<i>Araneus marmoreus</i> (Clerck, 1757)	-	-	0.3	-	-	-
<i>Cercidia prominens</i> (Westring, 1851)	1.2	-	-	-	-	-
Clubionidae						
<i>Clubiona kulczynskii</i> (Lessert, 1905)	-	3.2	-	-	2.3	0.2
<i>Clubiona subtilis</i> (L. Koch, 1867)	-	-	-	-	0.2	-
<i>Clubiona</i> неполовозрелые	-	-	0.4	-	0.4	0.2
Dictynidae						
<i>Mastigusa arietina</i> (Thorell, 1871)	-	-	0.4	-	-	-
Gnaphosidae						
<i>Arboricaria subopaca</i> (Westring, 1861)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Gnaphosa</i> неполовозрелые	-	0.7	0.4	-	-	-
<i>Haplodrassus cognatus</i> (Westring, 1861)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Haplodrassus moderatus</i> (Kulczynski, 1897)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Haplodrassus signifer</i> (C. L. Koch, 1839)	-	-	-	-	-	0.2
<i>Haplodrassus soerenseni</i> (Strand, 1900)	-	11.7	4.0	-	8.2	-
<i>Haplodrassus</i> неполовозрелые	-	1.3	1.4	-	0.3	1.0
<i>Micaria pulicaria</i> (Sundevall, 1831)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Zelotes azsheganovae</i> Esyunin, Efimik, 1992	-	-	-	-	-	0.4
<i>Zelotes clivicola</i> (L. Koch, 1870)	-	3.1	-	-	0.3	-

Продолжение табл. 1

Таксон	Биотопы					
	ПЗП-2			ПЗП-20		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
<i>Zelotes latreillei</i> (Simon, 1878)	-	-	-	0.8	0.5	0.7
<i>Zelotes subterraneus</i> (C. L. Koch, 1833)	-	0.2	-	-	-	0.2
<i>Zelotes</i> неполовозрелые	-	0.6	0.4	-	-	0.5
Linyphiidae						
<i>Agyneta affinis</i> (Kulczyński, 1898)	-	-	-	-	0.5	-
<i>Agyneta allosubtilis</i> (Loksa, 1965)	1.2	6.5	1.6	-	0.3	0.6
<i>Agyneta conigera</i> (O.P.-Cambridge, 1863)	-	0.3	-	-	0.3	-
<i>Agyneta olivacea</i> (Emerton, 1882)	-	5.6	-	-	0.7	-
<i>Agyneta ramosa</i> (Jackson, 1912)	-	0.7	-	-	-	-
<i>Anguliphantes angulipalpis</i> (Westring, 1851)	-	0.5	-	-	0.3	-
<i>Araeoncus humilis</i> (Blackwall, 1841)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Allomengea scopigera</i> (Grube, 1859)	-	0.4	13.2	-	-	-
<i>Bathyphantes gracilis</i> (Blackwall, 1841)	-	2.8	0.8	-	6.3	3.6
<i>Bathyphantes nigrinus</i> (Westring, 1851)	-	0.4	0.4	-	-	-
<i>Bolyphantes alticeps</i> (Sundevall, 1833)	-	-	1.1	-	-	-
<i>Centromerus arcanus</i> (O.P.-Cambridge, 1873)	2.4	0.5	0.3	0.8	1.6	-
<i>Centromerus sylvaticus</i> (Blackwall, 1841)	-	-	3.1	-	-	0.5
<i>Ceratinella scabrosa</i> (O.P.-Cambridge, 1871)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Cnephalocotes obscurus</i> (Blackwall, 1834)	-	-	-	1.7	-	-
<i>Decipiphantes decipiens</i> (L. Koch, 1879)	-	-	0.4	-	-	-
<i>Dicymbium tibiale</i> (Blackwall, 1836)	1.2	-	-	-	-	-
<i>Diplocentria bidentata</i> (Emerton, 1882)	-	0.3	-	-	-	-
<i>Diplostyla concolor</i> (Wider, 1834)	4.8	2.8	8.4	-	-	-
<i>Drapetisca socialis</i> (Sundevall, 1833)	-	-	0.7	-	-	-
<i>Erigone atra</i> (Blackwall, 1833)	1.2	-	-	-	-	-
<i>Erigonella hiemalis</i> (Blackwall, 1841)	1.2	0.3	-	1.6	0.7	-
<i>Floronia bucculenta</i> (Clerck, 1757)	-	-	0.4	-	-	-
<i>Gonatum rubellum</i> (Blackwall, 1841)	-	-	0.9	-	-	-
<i>Gongylidiellum latebricola</i> (O. P.-C., 1871)	-	-	-	-	0.3	0.3
<i>Helophora insignis</i> (Blackwall, 1841)	-	-	0.7	-	-	-
<i>Incestophantes kochiellus</i> (Strand, 1900)	1.2	-	-	-	-	-
<i>Kaestneria pullata</i> (O.P.-Cambridge, 1863)	-	-	-	-	-	0.2
<i>Metopobactrus prominulus</i> (O. P.-C., 1873)	-	-	-	0.8	0.3	-
<i>Micrargus herbigradus</i> (Blackwall, 1854)	1.2	1.8	-	-	0.2	-
<i>Microneta viaria</i> (Blackwall, 1841)	-	0.9	1.1	-	-	-
<i>Nerieni clathrata</i> (Sundevall, 1830)	1.2	-	-	-	-	-
<i>Oedothorax agrestis</i> (Blackwall, 1853)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Oryphantes angulatus</i> (O. P.-C., 1881)	1.4	0.2	-	1.7	-	0.2
<i>Palliduphantes alutaci</i> (Simon, 1884)	-	1.6	4.6	-	-	4.3
<i>Panamomops dybowski</i> (O. P.-C., 1873)	2.4	-	0.5	-	0.7	-
<i>Pelecopsis mengei</i> (Simon, 1884)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Pocadicnemis pumila</i> (Blackwall, 1841)	-	-	-	-	2.8	0.2
<i>Tapinocyba insecta</i> (L. Koch, 1869)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Taranucnus setosus</i> (O. P.-Cambridge, 1863)	-	-	-	21.7	0.2	-
<i>Tenuiphantes alacris</i> (Blackwall, 1853)	-	0.8	0.8	-	-	-
<i>Tenuiphantes mengei</i> (Kulczyński, 1887)	-	-	17.3	-	-	8.4
<i>Tenuiphantes tenebricola</i> (Wider, 1834)	-	4.9	3.8	-	-	-
<i>Walckenaeria antica</i> (Wider, 1834)	-	1.4	0.3	1.7	1.7	0.7
<i>Walckenaeria atrotibialis</i> (O. P.-C., 1878)	-	2.4	0.5	-	-	0.2
<i>Walckenaeria mitrata</i> (Menge, 1868)	-	-	-	0.8	-	-
<i>Walckenaeria unicornis</i> (O. P.-C., 1861)	-	0.6	-	-	0.2	-

Продолжение табл. 1

Таксон	Биотопы					
	ПЗП-2			ПЗП-20		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
<i>Wubanoides uralensis</i> (Pakhorukov, 1981)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Zornella cultrigera</i> (L. Koch, 1879)	-	0.2	0.4	-	-	-
<i>Linyphiidae</i> неполовозрелые	2.4	4.4	6.6	-	1.6	2.8
<i>Liocranidae</i>						
<i>Agroeca brunnea</i> (Blackwall, 1833)	1.2	0.8	0.8	-	0.4	0.2
<i>Agroeca proxima</i> (O.P.-Cambridge, 1871)	-	-	9.3	-	-	5.7
<i>Agroeca</i> неполовозрелые	-	-	-	-	0.4	-
<i>Lycosidae</i>						
<i>Acantholycosa lignaria</i> (Clerck, 1757)	-	0.7	0.4	-	-	-
<i>Acantholycosa norvegica</i> (Thorell, 1872)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Acantholycosa</i> неполовозрелые	-	0.2	0.7	-	-	0.2
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1757)	-	-	-	16.7	7.6	-
<i>Alopecosa taeniata</i> (C.L.Koch, 1835)	-	13.1	17.5	-	0.4	0.2
<i>Alopecosa</i> неполовозрелые	-	-	-	-	0.8	3.6
<i>Pardosa fulvipes</i> (Collett, 1876)	-	0.2	0.5	-	18.5	11.2
<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	1.2	27.4	2.4	-	2.3	-
<i>Pardosa riparia</i> (C.L.Koch, 1833)	-	20.6	1.9	-	60.5	19.6
<i>Pardosa sphagnicola</i> (Dahl, 1908)	-	-	-	-	2.5	-
<i>Pardosa</i> неполовозрелые	4.8	4.4	-	12.5	8.3	1.1
<i>Pirata hygrophilus</i> (Thorell, 1871)	-	10.0	3.2	-	3.4	0.8
<i>Trochosa ruricola</i> (DeGeer, 1778)	1.2	0.2	1.2	2.5	0.5	0.7
<i>Trochosa spinipalpis</i> (F.O.P.-C., 1895)	-	-	-	0.8	0.2	-
<i>Trochosa</i> неполовозрелые	1.2	0.4	1.7	-	1.1	2.0
<i>Xerolycosa nemoralis</i> (Westring, 1861)	1.2	0.4	-	-	0.3	0.2
<i>Mimetidae</i>						
<i>Ero furcata</i> (Villers, 1789)	-	-	-	0.8	-	0.9
<i>Philodromidae</i>						
<i>Tibellus oblongus</i> (Walckenaer, 1802)	-	-	-	-	-	0.2
<i>Phrurolithidae</i>						
<i>Phrurolithus festivus</i> (C. L. Koch, 1835)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Pisauridae</i>						
<i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck, 1757)	-	-	-	-	0.6	-
<i>Sparassidae</i>						
<i>Micrommata roseum</i> (Clerck, 1758)	-	-	-	-	0.4	-
<i>Tetragnathidae</i>						
<i>Tetragnatha</i> неполовозрелые	-	-	-	0.8	-	-
<i>Metellina</i> неполовозрелые	-	0.2	0.0	-	-	-
<i>Pachygnatha listeri</i> (Sundevall, 1830)	3.6	1.0	0.5	-	-	-
<i>Theridiidae</i>						
<i>Diploena</i> неполовозрелые	-	-	-	-	0.3	-
<i>Euryopsis flavomaculata</i> (C. L. Koch, 1836)	-	-	-	-	1.0	-
<i>Robertus lividus</i> (Blackwall, 1836)	2.4	1.0	1.5	1.6	0.4	3.0
<i>Thomisidae</i>						
<i>Ozyptila trux</i> (Blackwall, 1846)	-	-	-	-	1.5	0.2
<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1757)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Xysticus luctuosus</i> (Blackwall, 1836)	-	2.9	-	-	0.8	-
<i>Xysticus</i> неполовозрелые	-	0.2	0.8	-	-	-
<i>Zoridae</i>						
<i>Zora spinimana</i> (Sundevall, 1833)	-	0.4	-	-	2.6	-

Окончание табл. 1

Таксон	Биотопы					
	ПЗП-2			ПЗП-20		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Opiliones						
Phalangiidae						
<i>Lacinius ephippiatus</i> (C.L. Koch, 1835)	-	6.3	-	-	0.6	0.4
<i>Mitopus morio</i> (Fabricius, 1779)	-	1.7	-	-	0.2	0.3
<i>Oligolophus tridens</i> (C. L. Koch, 1836)	-	-	2.6	-	-	0.5
<i>Rilaena triangularis</i> (Herbst, 1799)	1.2	0.2	-	1.7	1.3	-
Nemastomatidae						
<i>Nemastoma lugubris</i> (O.F. Müller, 1776)	1.2	6.9	4.6	-	0.3	1.2
Средняя попадаемость (пауки/сенокосцы)	39.7/ 2.4	146.4/ 15.0	117.7/ 7.2	67.5/ 1.7	147.0/ 2.3	76.3/ 2.4
Кол-во видов (пауки/сенокосцы)	18/2	48/4	40/2	16/1	47/4	28/4

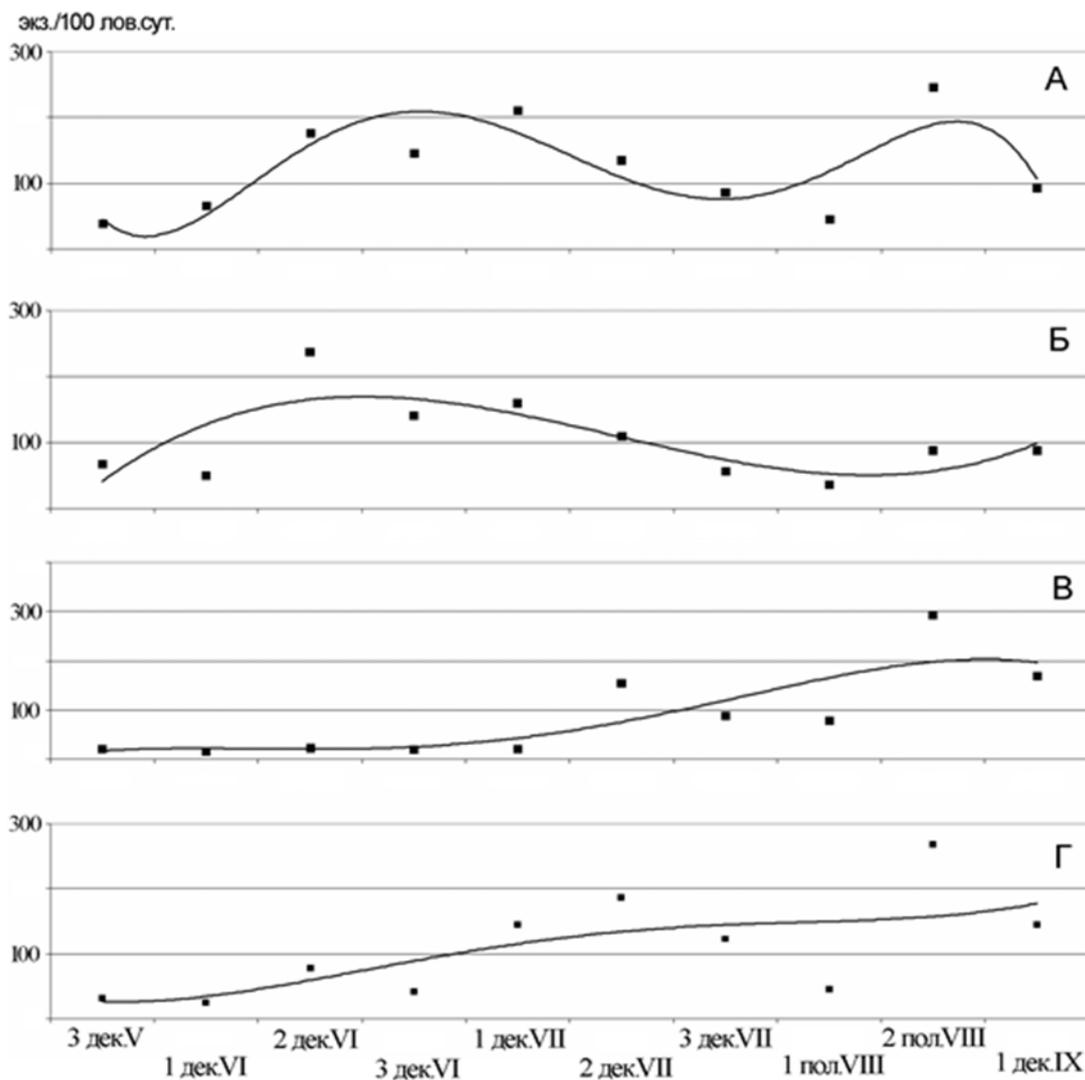


Рис. 1. Сезонная динамика попадаемости пауков на малиново-кипрейно-вейниковой (А) и кипрейно-вейниковой (Б) горях, в елово-березовом лесу (В) и в пихто-ельнике (Г)

В весенний сезон почти все виды пауков и сенокосцев были представлены единичными особями, обильные виды не зарегистрированы. Видовое

разнообразие пауков изменялось аналогично общему группам.

Максимальное количество видов сенокосцев

отмечено в летний период (табл. 1). Попадаемость сенокосцев имеет один летний пик. Летом и осенью в данном биоценозе наиболее многочислен сенокосец *N. lugubris*.

Суммарное видовое разнообразие паукообразных кипрейно-вейниковой гари (ПЗП-20) незначительно отличается от такового ПЗП-2. Здесь было обнаружено 62 вида пауков и 5 видов сенокосцев (табл. 1). Как и на малиново-кипрейно-вейниковой гари максимальное количество видов зафиксировано в летний период. Однако осенний аспект населения кипрейно-вейниковой гари характеризуется заметным сокращением видового разнообразия пауков.

В сезонной динамике попадаемости пауков наблюдается летний пик, приходящийся на вторую половину июня и менее выраженный осенний подъем (рис. 1Б). Максимальная попадаемость, зафиксированная во второй декаде июня, составила 237 экз./100 лов. сут. В весенний период почти треть пойманных пауков представлена пауком-балдахинником *T. setosus*, кроме того, многочисленны пауки-волки *A. pulverulenta* и неполовозре-

лые *Pardosa*. Обильные весной виды летом редки, а основу населения герпетобионтных пауков составляют пауки-волки – *P. fulvipes* и *P. lugubris*, и гнафозида *H. soerenseni* (табл. 1). В населении пауков данного биотопа осенью преобладают те же два вида пауков-волков, которые были многочисленны летом, и паук-балдахинник *T. mengei*. Попадаемость сенокосцев низкая и незначительно меняется в течение сезона.

Население лесов

Фауна паукообразных березняка вейниково-высокотравного (ПЗП-7) характеризуется относительно низким видовым разнообразием. Здесь обнаружено 45 видов: 39 пауков и 5 сенокосцев (табл. 2). Максимальное видовое разнообразие пауков, как и на горях, наблюдается в летний период. Однако летний пик более выражен – количество видов летом в 1.5 раза больше, чем весной и осенью (табл. 2). Видовое разнообразие сенокосцев увеличилось от весны к осени с 1 до 5 видов (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав, попадаемость (экз./100 лов. сут.) и некоторые показатели разнообразия населения пауков и сенокосцев в березняке вейниково-высокотравном (ПЗП-7) и пихто-ельнике коренном (ПЗП-19)

Таксон	Биотоп					
	ПЗП-7			ПЗП-19		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Aranei						
Clubionidae						
<i>Clubiona</i> неполовозрелые	-	-	-	-	0.6	0.4
Dictynidae						
<i>Dictyna</i> неполовозрелые	-	-	-	-	0.2	-
Gnaphosidae						
<i>Gnaphosa</i> неполовозрелые	-	-	-	-	-	0.2
<i>Haplodrassus cognatus</i> (Westring, 1861)	-	-	-	-	-	0.4
<i>Haplodrassus soerenseni</i> (Strand, 1900)	-	4.8	-	-	5.9	-
<i>Haplodrassus</i> неполовозрелые	-	-	-	-	-	0.5
<i>Zelotes clivicola</i> (L. Koch, 1870)	-	-	-	2.0	1.1	0.4
<i>Zelotes subterraneus</i> (C. L. Koch, 1833)	-	0.3	-	-	-	-
Hahniidae						
<i>Cryphoea silvicola</i> (C. L. Koch, 1834)	0.8	-	-	-	-	-
Linyphiidae						
<i>Abiskoa abiskoensis</i> (Holm, 1945)	-	-	-	1.0	-	0.7
<i>Agyneta allosubtilis</i> (Loksa, 1965)	0.8	1.1	4.4	-	3.6	27.2
<i>Agyneta conigera</i> (O.P.-Cambridge, 1863)	-	-	-	-	2.5	0.6
<i>Agyneta mossica</i> (Schikora, 1993)	-	-	-	-	0.9	-
<i>Agyneta olivacea</i> (Emerton, 1882)	-	-	-	-	4.1	-
<i>Agyneta tibialis</i> (Tanasevitch, 2005)	-	-	-	-	1.3	0.2
<i>Allomengea scopigera</i> (Grube, 1859)	-	24.5	112.5	-	-	51.6
<i>Anguliphantes angulipalpis</i> (Westring, 1851)	0.8	-	-	-	0.6	-
<i>Bathyphantes gracilis</i> (Blackwall, 1841)	-	0.2	-	-	1.9	-
<i>Bathyphantes nigrinus</i> (Westring, 1851)	-	0.8	0.3	-	0.7	0.8
<i>Bolyphantes alticeps</i> (Sundevall, 1833)	-	-	1.6	-	-	2.5
<i>Centromerus arcanus</i> (O. P.-Cambr., 1873)	-	-	-	-	2.6	0.4
<i>Centromerus sylvaticus</i> (Blackwall, 1841)	0.8	0.5	21.1	-	-	11.7

Продолжение табл. 2

Таксон	Биотоп					
	ПЗП-7			ПЗП-19		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
<i>Ceratinella brevis</i> (Wider, 1834)	0.8	-	-	-	-	-
<i>Decipiphantes decipiens</i> (L. Koch, 1879)	-	-	0.4	-	0.6	0.7
<i>Diplocentria bidentata</i> (Emerton, 1882)	-	-	-	-	1.2	-
<i>Diplostyla concolor</i> (Wider, 1834)	0.8	0.4	0.5	2.0	3.8	4.2
<i>Drapetisca socialis</i> (Sundevall, 1833)	-	-	-	-	-	0.9
<i>Erigonella hiemalis</i> (Blackwall, 1841)	-	-	-	-	0.2	-
<i>Flagelliphantes bergstroemi</i> (Schenkel, 1931)	0.8	-	-	-	-	-
<i>Gonatium rubellum</i> (Blackwall, 1841)	-	-	-	-	-	0.4
<i>Helophora insignis</i> (Blackwall, 1841)	-	-	-	-	-	0.8
<i>Hypselistes jacksoni</i> (O. P.-Cambridge, 1903)	-	-	-	1.0	-	-
<i>Incestophantes kochiellus</i> (Strand, 1900)	-	-	-	3.1	0.5	1.7
<i>Macrargus rufus</i> (Wider, 1834)	3.3	-	-	-	-	0.5
<i>Micrargus herbigradus</i> (Blackwall, 1854)	-	-	-	-	2.3	0.6
<i>Microneta viaria</i> (Blackwall, 1841)	0.8	0.4	-	-	-	0.3
<i>Oreonetides vaginatus</i> (Thorell, 1872)	0.8	-	-	-	-	-
<i>Oryphantes angulatus</i> (O. P.-Cambr., 1881)	-	-	-	3.1	3.3	-
<i>Palliduphantes alutacius</i> (Simon, 1884)	0.8	1.1	0.7	1.0	1.8	10.2
<i>Panamomops dybowskii</i> (O. P.-Cambr., 1873)	-	-	-	1.0	0.3	-
<i>Pocadicnemis pumilla</i> (Blackwall, 1841)	-	-	-	-	-	0.2
<i>Savignya producta</i> (Holm, 1977)	-	-	-	1.0	0.5	0.6
<i>Tapinocyba insecta</i> (L. Koch, 1869)	-	0.5	-	-	-	-
<i>Tapinopa longidens</i> (Wider, 1834)	-	-	0.3	-	-	-
<i>Tenuiphantes alacris</i> (Blackwall, 1853)	-	0.2	-	5.2	4.3	0.9
<i>Tenuiphantes nigriventris</i> (L. Koch, 1879)	-	0.4	0.8	-	0.3	4.9
<i>Tenuiphantes tenebricola</i> (Wider, 1834)	0.8	2.3	10.2	-	3.8	11.9
<i>Tibioplus diversus</i> (L. Koch, 1879)	-	-	-	-	-	0.8
<i>Walckenaeria antica</i> (Wider, 1834)	-	-	-	-	0.9	-
<i>Walckenaeria atrotibialis</i> (O. P.-C., 1878)	-	0.7	0.5	-	1.5	0.5
<i>Walckenaeria mitrata</i> (Menge, 1868)	0.8	0.2	-	-	-	-
<i>Walckenaeria nudipalpis</i> (Westring, 1851)	0.8	-	-	-	-	-
<i>Walckenaeria obtusa</i> (Blackwall, 1836)	-	0.7	-	-	-	-
<i>Wubanoidea uralensis</i> (Pakhorukov, 1981)	-	-	-	-	0.2	-
<i>Zornella cultrigera</i> (L. Koch, 1879)	-	-	-	1.0	-	0.5
<i>Linyphiidae</i> неполовозрелые	1.7	1.1	1.0	2.1	14.5	10.4
Liocranidae						
<i>Agroeca brunnea</i> (Blackwall, 1833)	2.5	0.4	0.4	2.0	-	-
<i>Agroeca proxima</i> (O. P.-Cambridge, 1871)	-	-	0.3	-	-	1.1
Lycosidae						
<i>Acantholycosa norvegica</i> (Thorell, 1872)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Acantholycosa</i> неполовозрелые	-	0.3	-	-	-	-
<i>Alopecosa taeniata</i> (C.L.Koch, 1835)	-	1.1	-	2.0	2.1	1.7
<i>Alopecosa pinetorum</i> (Thorell, 1856)	-	0.2	-	-	-	-
<i>Alopecosa</i> неполовозрелые	-	-	-	2.-1	0.2	-
<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	-	0.6	-	-	1.3	0.6
<i>Pardosa</i> неполовозрелые	0.8	0.2	0.4	-	0.3	-
<i>Piratula hygrophilus</i> (Thorell, 1872)	-	1.0	0.3	-	0.5	0.5
<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)	0.8	0.4	-	-	-	-
<i>Trochosa spinipalpis</i> (F. O. P.-Cambr., 1895)	-	1.3	-	-	-	-
<i>Trochosa terricola</i> (Thorell, 1856)	0.8	-	-	-	-	-
Metidae						
<i>Metellina mengei</i> (Blackwall, 1869)	-	-	-	-	-	0.4
<i>Metellina</i> неполовозрелые	-	-	-	-	-	0.2
Mimetidae						
<i>Ero furcata</i> (Villers, 1789)	-	-	0.3	-	-	0.4

Окончание табл. 2

Таксон	Биотоп					
	ПЗП-7			ПЗП-19		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Tetragnathidae						
<i>Pachygnatha listeri</i> (Sundevall, 1830)	-	0.2	0.3	-	-	-
<i>Tetragnatha</i> неполовозрелые	-	-	-	-	0.2	-
Theridiidae						
<i>Robertus lividus</i> (Blackwall, 1836)	-	0.9	1.1	-	1.4	0.5
Thomisidae						
<i>Xysticus luctuosus</i> (Blackwall, 1836)	-	-	-	-	0.3	-
<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1757)	-	-	-	1.0	-	-
Zoridae						
<i>Zora spinimana</i> (Sundevall, 1833)	-	0.2	-	-	-	-
Opiliones						
Phalangiidae						
<i>Lacinius ephippiatus</i> (C.L. Koch, 1835)	-	5.8	2.0	-	3.2	-
<i>Mitopus morio</i> (Fabricius, 1779)	-	14.4	0.9	-	4.1	0.4
<i>Oligolophus tridens</i> (C. L. Koch, 1836)	-	-	8.8	-	-	2.9
<i>Rilaena triangularis</i> (Herbst, 1799)	-	-	0.3	1.0	1.1	-
Nemastomatidae						
<i>Nemastoma lugubris</i> (O.F. Müller, 1776)	2.5	1.5	5.0	-	0.3	4.0
Попадаемость (пауки/сенокосцы)	20.8	46.8	157.1	31.3	72.0	153.5
	2.5	21.7	16.9	1.0	8.7	7.3
Кол-во видов (пауки/сенокосцы)	18/1	28/3	19/5	14/1	37/4	38/3

Весной и в первой половине лета попадаемость пауков была стабильно низкой, рост попадаемости начинается со второй декады июля (рис. 1В). Во второй половине августа зафиксирован максимум попадаемости – 293 экз./100 лов. сут. Такая динамика объясняется появлением и увеличением численности в этот период осенних лесных видов из сем. Linyphiidae: в основном, *A. scopigera* и, в меньшей степени, *C. sylvaticus* и *T. tenebricola*.

В пихто-ельнике высокотравно-папоротниковом коренном (ПЗП-19) отмечено 55 видов пауков и 5 видов сенокосцев (табл. 2). Количество видов пауков весной в 2.5 раза ниже такового летом и осенью. Динамика видового разнообразия сенокосцев имеет аналогичные тенденции.

Попадаемость пауков в течение сезона относительно равномерно увеличивается (рис. 1Г). Максимальное значение этого показателя, 268 экз./100 лов. сут., зафиксировано во второй половине августа. Как и в березняке, такой тип динамики определяют пауки-балдахинники, из которых наиболее многочислен *A. scopigera*, а осенью – *A. olivacea* и, в меньшей степени, *C. sylvaticus*, *P. alutacius* и *T. tenebricola*. Весной в этом биотопе обычны пауки-балдахинники *I. kochiellus*, *O. angulatus* и *T. alacris*.

Попадаемость сенокосцев в ельнике самая низкая из всех обследованных биоценозов и незначительно варьирует в летне-осенний период.

Обсуждение

До 2017 г. исследования структуры населения пауков и сенокосцев ветровальных и гаревых сообществ затрагивали поздне-летний и осенний периоды [Есюнин, Ефимик, Мазура, 2000; Есюнин и др., 2001; Есюнин, Шумиловских, 2003; Ухова, Есюнин, 2016] или поздне-весенний и ранне-летний аспекты [Ухова и др., 2014]. Приведенные выше данные впервые позволяют сравнить все аспекты населения паукообразных по материалам, собранным в течение одного вегетационного сезона.

Весенний аспект. Во всех исследованных биотопах весенние группировки пауков и, особенно, сенокосцев характеризуются низкой попадаемостью (табл. 3). С одной стороны, это связано с низкой численностью, а с другой – пониженной уловистостью.

Низкая попадаемость в ловушки личиночных стадий пауков и сенокосцев на первых этапах их жизни обусловлена тем, что они, как правило, обитают в подстилке, т.е. являются стратобионтами. И только позднее, по мере увеличения размеров, меняют среду обитания, становясь компонентом герпетобионтного комплекса. Другая общая закономерность – небольшое количество видов и отсутствие, за редким исключением, обильных видов. Выравненность численностей видов в весенних группировках пауков отражается в высоких значениях интегрированного показателя разнообразия (табл. 3: индекс Шеннона).

Таблица 3

Основные показатели весеннего аспекта населения пауков и сенокосцев на пробных зоологических площадках Висимского заповедника в 2017 г.

Показатель	Биотоп			
	Гари		Березняк	Пихто-ельник
	ПЗП-2	ПЗП-20	ПЗП-7	ПЗП-19
Средняя попадаемость пауков (экз./100 лов.сут.)	39.7	67.5	20.8	31.3
Кол-во видов пауков	18	16	18	14
Индекс разнообразия (Шеннона, H')	2.96	2.49	3.10	2.94
Доля Linyphiidae (% от всех особей)	55	46	72	70
Доля Lycosidae (% от всех особей)	24	48	12	13
Средняя попадаемость сенокосцев (экз./100 лов.сут.)	2.4	1.7	2.5	1.0
Кол-во видов сенокосцев	2	1	1	1
Доминирующие виды	-	-	-	-
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1757)	-	IV	-	-

Примечание. IV – обильный вид [Песенко, 1982].

Причем значения индекса сопоставимы с такими многовидовыми летних группировок (табл. 4). По прочим показателям гаревые и лесные группировки существенно различаются. Попадаемость пауков на гарях весной выше, чем в лесах (табл. 3). Различаются соотношения семейств в сообществах пауков. На гарях пауки-балдахинники (Linyphiidae) составляют около половины всех отловленных особей, тогда как в лесах доля линифид не менее 70%. Обратную тенденцию демонстрируют пауки-волки (табл. 3), доля которых в

населении пауков гарей в два и более раз больше, чем в лесах.

Летний аспект. Увеличение попадаемости пауков и сенокосцев в этот период сопровождается ростом количества видов (табл. 4). Летнее население характеризуется наибольшим за сезон количеством видов. Это обусловлено тем, что в населении одновременно присутствуют представители трех фенологических групп – весенне-летние, летние и позднелетне-осенние виды.

Таблица 4

Основные показатели летнего аспекта населения пауков и сенокосцев на пробных зоологических площадках Висимского заповедника в 2017 г.

Показатель	Биотоп			
	Гари		Березняк	Пихто-ельник
	ПЗП-2	ПЗП-20	ПЗП-7	ПЗП-19
Средняя попадаемость пауков (экз./100 лов.сут.)	146.4	147.0	46.8	72.0
Кол-во видов пауков	48	47	28	37
Индекс разнообразия (Шеннона, H')	2.96	2.30	2.46	3.11
Доля Linyphiidae (% от всех особей)	28	13	75	80
Доля Lycosidae (% от всех особей)	53	72	11	6
Средняя попадаемость сенокосцев (экз./100 лов.сут.)	15.0	2.3	21.7	8.7
Кол-во видов сенокосцев	4	4	3	4
Доминирующие виды				
<i>Allomengea scopigera</i> (Grube, 1859)	-	-	V	-
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1757)	-	IV	-	-
<i>Haplodrassus soerenseni</i> (Strand, 1900)	-	-	IV	-
<i>Agyreta allosubtilis</i> (Loksa, 1965)	IV	-	-	-
<i>Pardosa fulvipes</i> (Collett, 1876)	-	IV	-	-
<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	IV	-	-	-
<i>Pardosa riparia</i> (C. L. Koch, 1833)	IV	V	-	-
<i>Piratula hygrophila</i> (Thorell, 1871)	IV	-	-	-
<i>Lacinius ephippiatus</i> (C.L. Koch, 1835)	IV	-	IV	-
<i>Mitopus morio</i> (Fabricius, 1779)	-	-	V	IV
<i>Oligolophus tridens</i> (C. L. Koch, 1836)	-	-	IV	-
<i>Nemastoma lugubris</i> (O.F. Müller, 1776)	V	-	-	-

Примечание. IV – обильный и V – очень обильный вид [Песенко, 1982].

В летний период в наибольшей степени выражены различия в структуре населения изученных

группировок. Динамика попадаемости пауков на гарях имеет четко выраженный пик (см. рис. 1А,

Б), тогда как в лесах наблюдается равномерное увеличение этого показателя в течение лета (см. рис. 1В, Г). Доминантный комплекс гаревых группировок пауков многовидовой, тогда как в лесах имеется только пара обильных видов, или виды представлены небольшим количеством особей. Особенность доминантного комплекса лесных группировок пауков обусловлена тем, что численность личинок основного доминанта *A. scopigera* летом еще не слишком велика.

Так или иначе, но выравненность летнего аспекта населения пауков высокая, что отражается в максимальных за сезон значениях индексов видового разнообразия (табл. 4: индекс Шеннона). Летом гаревые группировки существенно различаются друг от друга по составу доминантных видов пауков и численности сенокосцев. Несмотря на то, что в обоих типах гари возрастает численность пауков-волков, на кипрейно-вейниковой гари (ПЗП-

20) этот процесс более выражен. Летом пауки-волки здесь составляют более 70% отловленных особей (табл. 4). В лесах рост видового разнообразия и численности пауков происходит за счет видов из сем. Linyphiidae.

Осенний аспект. Осеннее население пауков характеризуется низким видовым разнообразием: уменьшаются количество видов и выравненность населения, в лесах существенно снижаются значения индексов разнообразия (табл. 5). Такие изменения обусловлены исчезновением видов летней фенологической группы и появлением очень обильных осенних видов. Последнее приводит к тому, что в лесах отмечается максимальная за сезон попадаемость пауков, а на гарях в большей или меньшей степени выражен второй за сезон осенний пик численности. Сенокосцы осенью были малочисленны во всех биотопах.

Таблица 5

Основные показатели осеннего аспекта населения пауков и сенокосцев на пробных зоологических площадках Висимского заповедника в 2017 г.

Показатель	Биотоп			
	Гари		Березняк	Пихто-ельник
	ПЗП-2	ПЗП-20	ПЗП-7	ПЗП-19
Средняя попадаемость пауков (экз./100 лов. сут.)	117.7	76.3	157.1	153.5
Кол-во видов пауков	40	28	19	38
Индекс разнообразия (Шеннона, H')	2.83	2.40	0.88	2.08
Доля Linyphiidae (% от всех особей)	58	29	98	96
Доля Lycosidae (% от всех особей)	25	52	0	2
Средняя попадаемость сенокосцев (экз./100 лов.сут.)	7.2	2.4	16.9	7.3
Кол-во видов сенокосцев	3	4	5	3
Доминирующие виды				
<i>Agyreta allosubtilis</i> (Loksa, 1965)	-	-	-	V
<i>Allomengea scopigera</i> (Grube, 1859)	-	-	V	IV
<i>Centromerus sylvaticus</i> (Blackwall, 1841)	-	-	V	IV
<i>Tenuiphantes mengei</i> (Kulczyński, 1887)	V	IV	-	-
<i>Pardosa riparia</i> (C. L. Koch, 1833)	-	IV	-	-

Примечание. IV – обильный и V – очень обильный виды [Песенко, 1982].

В отличие от других периодов, осенью попадаемость пауков в лесах выше, чем на гарях (табл. 5). Практически все осеннее население пауков лесных биотопов состоит из представителей сем. Linyphiidae (табл. 5) с очень похожим доминантным комплексом видов. Различия между гаревыми группировками пауков, наметившиеся в летний период, осенью хорошо выражены: различны попадаемость, доли семейств, доминантный комплекс (табл. 5).

Таким образом, по данным, полученным на 7-й год после последнего пожара, структура населения пауков гаревых биотопов, существенно отличается от таковой лесов в течение всего вегетационного сезона (рис. 2).

Описанные выше весенние группировки пауков значительно отличаются от таковых, обследованных четырьмя годами ранее [Ухова и др., 2014].

Изученные в 2013 г. арахнокомплексы в большей степени соответствуют летней структуре населения. В 2013 г. в конце мая – начале июня попадаемость пауков была очень высокой на всех ПЗП, от 122 до 237 экз./100 лов. сут.; доминантный комплекс видов формировали пауки-волки *A. taeniata*, *P. lugubris*, *P. fulvipes*, *P. riparia*. Причем два первых вида были многочисленны как на гарях, так и в лесах, что не отмечается в 2017 г. Только население пауков березняка имело типичные лесные черты, т.к. здесь был обильным паук-балдахинник *A. olivacea*. Ранее мы уже указывали на тот факт, что структура весеннего населения пауков мало пригодна для целей мониторинга, т.к. она очень изменчива и в значительной степени определяется погодой в начале сезона [Есюнин, Шумиловских, 2003].

Для целей мониторинга населения пауков ра-

ционально исследовать осенний аспект [Есюнин, Шумиловских, 2003].

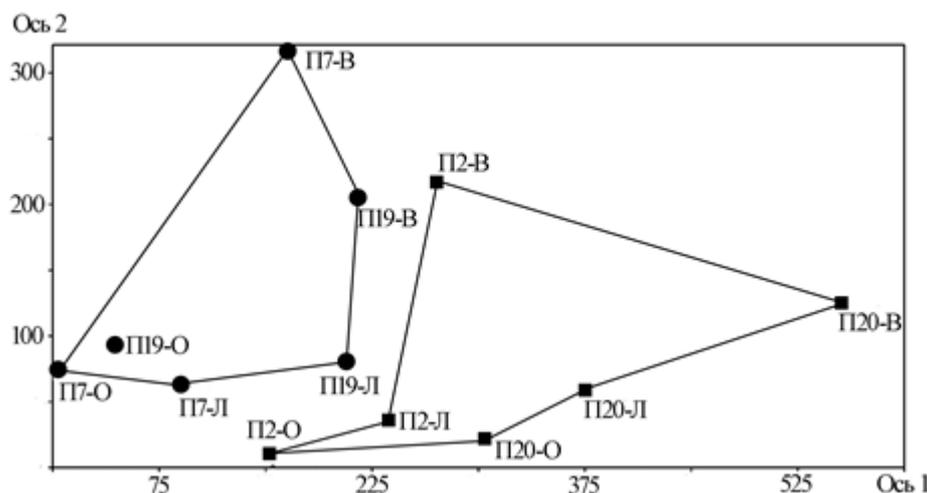


Рис. 2. Биplot анализа соответствия (метод Detrended correspondence analysis) населения пауков гаревых и лесных биотопов Висимского заповедника.

Номера обследованных биотопов: П2 и П20 – малиново-кипрейно-вейниковая и кипрейно-вейниковая гари, соответственно; П7 – елово-березовый лес, П19 – пихто-ельник. Фенологические периоды: В – весенний, Л – летний, О – осенний

Осенние группировки пауков в Приуралье демонстрируют поразительное единообразие структуры, а зачастую и доминантного комплекса в пределах одного типа растительности. Сравнивая приведенные выше результаты с данными, полученными в 2014 г. [Ухова, Есюнин, 2016], мы обнаруживаем следующее. В 2017 г. попадаемость осенью значительно выше: на гарях в среднем в 1.5 раза, в лесах – в 3 раза. Несмотря на это, состав доминантного комплекса демонстрирует одинаковые тенденции. В лесных группировках осенью доминирует *A. scopigera*, на гарях – пауки-волки, в частности, *P. riparia*. Однако в 2017 г. во всех биотопах в осеннем населении пауков попадались только единичные особи паука-волка *A. taeniata* – вида, который был очень многочислен в 2014 г. В заключение можно сделать вывод о том, что через 7 лет, прошедших со времени последнего пожара, сохраняются значительные отличия в структуре населения герпетобионтных пауков гаревых и лесных биоценозов.

Выражаем благодарность лаборанту научного отдела Висимского заповедника В.Д. Араповой и студенту 3 курса Пермского государственного национального исследовательского университета биологического факультета кафедры зоологии беспозвоночных и водной экологии К.С. Фефиловой за оказанную помощь в разборе проб.

Список литературы

Есюнин С.Л., Ефимик В.Е., Мазура Н.С. Структура населения мезофауны подстилки пихто-

ельников Висимского заповедника после ветровала // Последствия катастрофического ветровала для лесных экосистем: сб. науч. тр. Екатеринбург, 2000. С. 69–86.

Есюнин С.Л., Козьминых В.О., Ухова Н.Л. Структура и разнообразие первичнопирогенных сообществ на месте коренных пихто-ельников Среднего Урала. 2. Герпетобионтные членистоногие // Вестник Пермского университета. 2001. Вып. 4. Биология. С. 144–153.

Есюнин С.Л. и др. Динамика изменения структуры и разнообразия герпетобионтных беспозвоночных на травяно-кустарниковой стадии развития гарей пихто-ельников Висимского заповедника // Исследования эталонных природных комплексов Урала: материалы науч. конф. Екатеринбург, 2001. С. 284–294.

Есюнин С.Л., Ухова Н.Л. Аннотированный список паукообразных (Arachnida) Висимского заповедника // Современное состояние и перспективы развития ООПТ Урала: материалы науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2011. С. 124–138.

Есюнин С.Л., Шумиловских Л.С. Аспектность населения беспозвоночных (замечания к проблемам мониторинга) // Экологические проблемы заповедных территорий России. Тольятти, 2003. С. 183–187.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

Сибгатуллин Р.З. 7.2.4. Сукцессионные процессы // Летопись природы Висимского государственного природного биосферного заповедника за 2013 г. М., 2014. С. 70–82.

- Сибгатуллин Р.З. Динамика пихто-ельника высокогорно-папоротникового в Висимском заповеднике // Ботаника в современном мире: тр. XIV съезда РБО. Махачкала, 2018. Т. 2. Геоботаника. Ботаническое ресурсоведение. Интродукция растений. Культурные растения. С. 135–137.
- Ухова Н.Л., Есюнин Л.С. 8.2.3.2. Численность напочвенных беспозвоночных животных // Летопись природы Висимского государственного природного биосферного заповедника за 2014 г. Екатеринбург, 2016. С. 97–104.
- Ухова Н.Л. и др. 8.2.3.1. Численность почвенных и напочвенных беспозвоночных животных // Летопись природы Висимского государственного природного биосферного заповедника за 2013 г. М., 2014. С. 106–132.
- Aitchison-Benell C.W. Responses to fire by taiga spiders // Proceedings of the Entomological Society of Ontario. 1994. Vol. 125. P. 29–41.
- Atlegrim O., Sjöberg K. Effects of clear-cutting and selective felling in Swedish boreal coniferous forest: response of invertebrate taxa eaten by birds // *Annales Entomologicae Fennicae*. 1995. Vol. 6. P. 79–90.
- Buddle C.M., Spence J.R., Langor D.W. Succession of boreal forest spider assemblages following wildfire and harvesting // *Ecography*. 2000. Vol. 23. P. 424–436.
- Coddington J.A., Young L.H., Coyle F.A. Estimating spider species richness in a southern Appalachian Cove hardwood forest // *Journal of Arachnology*. 1996. Vol. 24. P. 111–128.
- Coyle F.A. Effects of clearcutting on the spider community of a southern Appalachian forest // *Journal of Arachnology*. 1981. Vol. 9. P. 285–298.
- Gongalskij K.B., Persson T. Recovery of soil macrofauna after wildfires in boreal forests // *Soil biology & Biochemistry*. 2013. Vol. 57. P. 182–191.
- Gorbunova A.Yu. et al. Forest fires increase variability of soil macrofauna communities along a macrogeographic gradient // *European Journal of Soil Biology*. 2017. Vol. 80. P. 49–52.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4, № 1. P. 1–9.
- Hatley C.L., Macmahon J.A. Spider community organization - seasonal variation and the role of vegetation architecture // *Environmental Entomology*. 1980. Vol. 9. P. 632–639.
- Hauge E., Kvamme T. Spiders from forest-fire areas in southeast Norway // *Fauna Norvegica*. 1983. Vol. B30, № 1. P. 39–45.
- Huhta V. Succession in the spider communities of the forest floor after clear-cutting and prescribed burning // *Annales Zoologici Fennici*. 1971. Vol. 8. P. 483–542.
- Jennings D.T. et al. Spiders (Araneae) associated with strip-clearcut and dense spruce–fir forests of Maine // *Journal of Arachnology*. 1988. Vol. 16. P. 55–70.
- Koponen S. Early succession of a boreal spider community after forest fire // *Journal of Arachnology*. 2005. Vol. 33. P. 230–235.
- Larrivée M., Fahrig L., Drapeau P. Effects of a recent wildfire and clearcuts on ground-dwelling boreal forest spider assemblages // *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. Vol. 35. P. 2575–2588.
- Mordkovich V.G. et al. Soil arthropoda of post-fire successions in northern taiga of West Siberia // *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1, № 1. P. 96–103.
- Moretti M. et al. The effects of wildfire on ground-active spiders in deciduous forests on the Swiss southern slope of the Alps // *Journal of Applied Ecology*. 2002. Vol. 39. P. 321–336.
- Niklasson M., Granström A. Numbers and sizes of fires, long-term spatially explicit fire history in a Swedish boreal landscape // *Ecology*. 2000. Vol. 81. P. 1484–1499.
- Nyffeler M. Ecological impact of spider predation: a critical assessment of Bristowe's and Turnbull's estimates // *Bulletin of the British Arachnological Society*. 2000. Vol. 11, № 9. P. 367–373.
- Pajunen T. et al. Ground-dwelling spiders (Arachnida, Araneae) in fragmented old forests and surrounding managed forests in southern Finland // *Ecography*. 1995. Vol. 18. P. 62–72.
- Samu F. et al. Differential ecological responses of two generalist arthropod groups, spiders and carabid beetles (Araneae, Carabidae), to the effects of wildfire // *Community Ecology*. 2010. Vol. 11, № 2. P. 129–139.
- Uetz G.W. The influence of variation in litter habitats on spider communities // *Oecologia*. 1979. Vol. 40. P. 29–42.
- Wardle D.A. et al. Longterm effects of wildfire on ecosystem properties across an island area gradient // *Science*. 2003. Vol. 300. P. 972–975.
- Wise D.H. Spiders in ecological webs. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 344 p.

References

- Aitchison-Benell C.W. Responses to fire by taiga spiders. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*. V.125 (1994): pp. 29–41.
- Atlegrim O., Sjöberg K. Effects of clear-cutting and selective felling in Swedish boreal coniferous forest: response of invertebrate taxa eaten by birds. *Annales Entomologicae Fennicae*. V.6 (1995): pp. 79–90.

- Buddle C.M., Spence J.R., Langor D.W. Succession of boreal forest spider assemblages following wildfire and harvesting. *Ecography*. V. 23 (2000): pp. 424-436.
- Coddington J.A., Young L.H., Coyle F.A. Estimating spider species richness in a southern Appalachian Cove hardwood forest. *Journal of Arachnology*. V. 24 (1996): pp. 111-128.
- Coyle F.A. Effects of clearcutting on the spider community of a southern Appalachian forest. *Journal of Arachnology*. V. 9 (1981): pp. 285-298.
- Esyunin S.L., Efimik V.E., Mazura N.S. [Population structure of the mesofauna of the litter of fir-spruce forests of the Visimskiy Reserve after a windblow]. *Posledstvija katastrofičeskogo vetrovala dlja lesnyh ekosistem* [Consequences of catastrophic windfall for forest ecosystems: collection of scientific works]. Ekaterinburg, 2000, pp. 69-86. (In Russ.).
- Esyunin S.L., Koz'minykh V.O., Ukhova N.L. [Structure and diversity of primary pyrogenic communities in the place of primary fir-spruce forests of the Middle Urals. 2. Herpetobiont arthropods]. *Vestnik Permskogo universiteta*. Iss. 4, *Biologija*. (2003): pp. 144-153. (In Russ.).
- Esyunin S.L., Koz'minykh V.O., Farzalieva G.Sh., Shumilovskikh L.S., Ukhova N.L. [Dynamics of changes in the structure and diversity of herpetobiont invertebrates at the herb-shrub stage of the fir-spruce burned areas of the Visimskiy Reserve]. *Issledovaniya etalonyh prirodnyh kompleksov Urala* [Studies of reference natural complexes of the Urals: materials of scientific conference]. Ekaterinburg, 2001, pp. 284-294. (In Russ.).
- Esyunin S.L., Shumilovskikh L.S., [Aspect of the population of invertebrates (notes on monitoring problems)]. *Èkologičeskie problemy zapovednyh territorij Rossii* [Ecological problems of protected areas of Russia]. Tol'yatti, 2003, pp. 183-187. (In Russ.).
- Esyunin S.L., Ukhova N.L. [Annotated list of arachnids (Arachnida) of the Visimskiy Reserve]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya OOPT Urala* [The current state and prospects of development of protected areas of the Urals: materials of scientific and practical conference]. Ekaterinburg, 2011, pp. 124-138. (In Russ.).
- Gongalskij K.B., Persson T. Recovery of soil macrofauna after wildfires in boreal forests. *Soil biology & Biochemistry*. V. 57 (2013): pp. 182-191.
- Gorbunova A.Yu., Korobushkin D.I., Zaitsev A.S., Gongalskij K.B. Forest fires increase variability of soil macrofauna communities along a macrogeographic gradient. *European Journal of Soil Biology*. V. 80 (2017): pp. 49-52.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. V. 4, N 1 (2001): pp. 1-9.
- Hatley C.L., Macmahon J.A. Spider community organization - seasonal variation and the role of vegetation architecture. *Environmental Entomology*. V. 9 (1980): pp. 632-639.
- Hauge E., Kvamme T. Spiders from forest-fire areas in southeast Norway. *Fauna Norvegica*. V. B30, N 1 (1983): pp. 39-45.
- Huhta V. Succession in the spider communities of the forest floor after clear-cutting and prescribed burning. *Annales Zoologici Fennici*. V. 8 (1971): pp. 483-542.
- Jennings D.T., Houseweart M.W., Dondale C.D., Redner J.H. Spiders (Araneae) associated with strip-clearcut and dense spruce-fir forests of Maine. *Journal of Arachnology*. V. 16 (1988): pp. 55-70.
- Koponen S. Early succession of a boreal spider community after forest fire. *Journal of Arachnology*. V. 33 (2005): pp. 230-235.
- Larrivée M., Fahrig L., Drapeau P. Effects of a recent wildfire and clearcuts on ground-dwelling boreal forest spider assemblages. *Canadian Journal of Forest Research*. V. 35 (2005): pp. 2575-2588.
- Mordkovich V.G., Berezina O.G., Lyubchanskii I.I., Andrievskii V.S., Marchenko I.I. Soil arthropoda of post-fire successions in northern taiga of West Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*. V. 1, N 1 (2008): pp. 96-103.
- Moretti M., Conedera M., Duelli P., Edwards P.J. The effects of wildfire on ground-active spiders in deciduous forests on the Swiss southern slope of the Alps. *Journal of Applied Ecology*. 2002. V. 39 (2002): pp. 321-336.
- Niklasson M., Granström A. Numbers and sizes of fires, long-term spatially explicit fire history in a Swedish boreal landscape. *Ecology*. V. 81 (2000): pp. 1484-1499.
- Nyffeler M. Ecological impact of spider predation: a critical assessment of Bristowe's and Turnbull's estimates. *Bulletin of the British Arachnological Society*. V. 11, N 9 (2000): pp. 367-373.
- Pajunen T., Haila Y., Halme E., Niemela J., Punntila P. Ground-dwelling spiders (Arachnida, Araneae) in fragmented old forests and surrounding managed forests in southern Finland. *Ecography*. V. 18 (1995): pp. 62-72.
- Pesenko Yu.A. *Principy i metody količestvennogo analiza v faunističeskich issledovaniyach* [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic investigations]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 288 p. (In Russ.).
- Samu F., Kádár F., Ónodi G., Kertész M., Szirányi A., Szita É., Fetykó K., Neidert D., Botos E., Altbäcker V. Differential ecological responses of two generalist arthropod groups, spiders and carabid beetles (Araneae, Carabidae), to the effects of wildfire. *Community Ecology*. V. 11, N 2 (2010): pp. 129-139.

- Sibgatullin R.Z. [7.2.4. Successional processes]. *Letopis' prirody Visimskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika za 2013 god* [Chronicle of Nature of the Visim State Natural Biosphere Reserve for 2013]. Moscow, 2014, pp. 70-82. (In Russ.).
- Sibgatullin R.Z. [Dynamics of the tall-herb-fern fir-spruce forest in the Visimskiy Reserve]. *Botanika v sovremennom mire. Trudy XIV s"ezda RBO* [Botany in the Modern World: Proceedings of the XIV Congress of the Russian Botanical Society]. Mahachkala, 2018, V. 2, pp. 135-137. (In Russ.).
- Uetz G.W. The influence of variation in litter habitats on spider communities. *Oecologia*. V. 40 (1979): pp. 29-42.
- Ukhova N.L., Esyunin S.L., [8.2.3.2. The abundance of ground invertebrates]. *Letopis' prirody Visimskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika za 2014 god* [Chronicle of Nature of the Visim State Natural Biosphere Reserve for 2014]. Ekaterinburg, 2016, pp. 97-104. (In Russ.).
- Ukhova N.L., Esyunin S.L., Semenov V.B., Ukhova O.V., Kochergina M.S., Konyukhova A.V. [8.2.3.1. The abundance of soil and ground invertebrates]. *Letopis' prirody Visimskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika za 2013 god* [Chronicle of Nature of the Visim State Natural Biosphere Reserve for 2013]. Moscow, 2014, pp. 106-132. (In Russ.).
- Wardle D.A., Hornberg G., Zackrisson O., Brundin M.K., Coomes D.A. Longterm effects of wildfire on ecosystem properties across an island area gradient. *Science*. V. 300 (2003): pp/ 972-975.
- Wise D.H. Spiders in ecological webs. Cambridge, Cambridge University Press, 1993. 344 p.

Поступила в редакцию 28.07.2021

Об авторах

Есюнин Сергей Леонидович, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры зоологии беспозвоночных и водной экологии ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0003-3813-1316
614990, Пермь, ул. Букирева, 15;
Sergei.Esyunin@psu.ru; (342)2396494

Ухова Надежда Леонидовна, старший научный сотрудник ФГБУ «Висимский государственный природный биосферный заповедник»
ORCID: 0000-0001-5121-8120
624140, Свердловская обл., Кировград, ул. Степана Разина, 23; ukh08@yandex.ru; 8 (34357)40315

Домолазова Анна Михайловна, студент ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0002-6648-4947
614068, Пермь, ул. Букирева, 15; an096@inbox.ru; 8-952-6443036

Информация для цитирования:

Есюнин С.Л., Ухова Н.Л., Домолазова А.М. Структура населения пауков и сенокосцев (Arachnida, Araneae, Opiliones) модельных биоценозов Висимского биосферного заповедника // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 191–205. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-191-205.

Esyunin S.L., Ukhova N.L., Domolazova A.M. [Structure of spider-harvestman assemblages (Arachnida, Araneae, Opiliones) of model biotopes of Visimskiy natural reserve]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya*. Iss. 3 (2021): pp. 191-205. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-191-205.

About the authors

Esyunin Sergei Leonidovich, doctor of biology, professor of the Department of invertebrate animals and aquatic ecology Perm State University.
ORCID: 0000-0003-3813-1316
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;
Sergei.Esyunin@psu.ru; (342)2396494

Ukhova Nadezhda Leonidovna, senior researcher Visimskiy Nature Reserve.
ORCID: 0000-0001-5121-8120
624140, Sverdlovsk region, Kirovgrad, Stepana Razina Str., 23; ukh08@yandex.ru;
8 (34357)40315

Domolazova Anna Mikhailovna, student Perm State University.
ORCID: 0000-0002-6648-4947
15, Bukireva str., Perm, Russia, 614068;
an096@inbox.ru, 8-952-6443036

ЭКОЛОГИЯ

УДК 612.6-053.5

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-206-211.

**В. В. Горбунова¹, М. Л. Отавина², Д. Н. Лир³, И. Н. Гаврилова²,
Н. В. Огарышева², Е. Б. Чихачева⁴**

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, Пермь, Россия

³ Пермский государственный медицинский университет, Пермь, Россия

⁴ Детская клиническая больница им. П.И. Пичугина, Пермь, Россия

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ШКОЛЬНИКОВ 7–11 ЛЕТ Г. ПЕРМИ (ПОПЕРЕЧНЫЙ СРЕЗ, 2019)

Антропометрическое исследование 607 детей младшего школьного возраста показало, что у 90% детей показатели роста, массы тела и более чем у 70% индекса массы тела – ИМТ, находятся в границах нормы: для роста и массы тела – это значения от –2SDS до +2SDS (стандартных отклонений от медианы каждого параметра для каждого возраста – от 7 до 11 лет). Для ИМТ нормальными считаются значения в границах от –2SDS до +1SDS. Распределение массоростовых параметров в сравнении с эталонными нормами ВОЗ в зависимости от возраста сдвинуты вправо на 0.33–0.53 SDS, то есть в сторону более высоких значений. Обнаружено, что 75 детей, то есть 12.4%, страдают ожирением. По свидетельству других исследователей, проводивших подобные измерения в разных регионах России, доля детей с ожирением приблизительно такая же, и у мальчиков в младшем школьном возрасте ожирение встречается чаще.

Ключевые слова: физическое развитие; нормы ВОЗ; ожирение.

**V. V. Gorbunova¹, M. L. Otavina², D. N. Lir³, I. N. Gavrilova²,
N. V. Ogarysheva², E. B. Chikhacheva⁴**

¹ Perm State University, Perm, Russian Federation

² Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russian Federation

³ E.A. Vagner Perm State Medical University of the Ministry of Health of the RF, Perm, Russian Federation

⁴ Children's Clinical Hospital named after P.I. Pichugin, Perm, Russian Federation

Characteristics of physical development of primary school-aged children (Perm, cross-sectional study, 2019)

An anthropometric study of 607 primary school-aged children (7 to 11 years old) showed that the height and body weight values were within the normal range in 90% of children, and the body mass index [BMI] – in >70%. For the height and body weight, this range involved the values from –2SDS to +2SDS (standard deviations from the age-specific median value). For BMI, values in the range from –2SDS to +1SDS were considered normal. The distribution of the age-based weight and height parameters as related to WHO reference standards demonstrated the right shift by 0.33-0.53 SDS, i.e. towards higher values. It was shown that 75 children (12.4%) were obese. Other researchers, who conducted similar measurements in different regions of Russia, reported about the same proportion of children with obesity. Among primary schoolers, the incidence of obesity was higher in boys.

Key words: physical development; WHO standards; obesity.

Систематическое изучение физического развития детей началось в конце XIX – начале XX в. За этот период были сформулированы и уточнены основные закономерности роста и развития детей и предприняты попытки обосновать влияние внешних и внутренних факторов на процессы роста и развития в разные возрастные периоды [Аршавский, 1993].

Начавший было снижаться интерес к проблемам роста и развития детей и подростков, связанный с затуханием акселерации в последней четверти предыдущего века, в начале нынешнего вновь резко возрос. Это объясняется повсеместно развернувшимися процессами глобализации, в том числе и активно проводимыми в жизнь идеями ВОЗ об одинаковости роста и развития детей, по

крайней мере, в первые годы жизни. Появляются работы, как подтверждающие, так и отрицающие данную позицию [Изотова, 2015]. Без сомнения, по мере накопления данных о характеристиках детей разного возраста на разных континентах и в разных популяциях, человечество обогатится важными знаниями и сможет более качественно решать вопросы, связанные не только с ростовыми процессами детей, но и со здоровьем всего человечества [Мартинчик и др., 2015]. Следует отметить, что в настоящее время эксперты ВОЗ обеспокоены увеличением во многих странах доли детей с избыточной массой тела и с той или иной степенью ожирения. В частности, в США и Европе более 40 млн детей до 5 лет относятся к этой категории. Данные мультицентрового исследования распространения ожирения и избыточной массы у детей 5, 10 и 15 лет ($n=5182$), проведенного в пяти крупных городах РФ, показали максимальную распространенность ожирения у мальчиков 10 лет [Тутельян и др., 2014].

Полагаем, что результаты нашей работы, представляющие собой характеристику физического развития учеников начальных классов школ г. Перми, внесут свою лепту в мониторинг антропологических параметров роста и развития детей в XXI в.

Материал и методы

У всех детей при информированном согласии родителей были измерены рост и масса тела одной командой исследователей и одним и тем же инструментарием в условиях медицинского кабинета школы. Для измерения использовались складной антропометр и электронные весы. Точность измерения роста ± 1 см; веса ± 50 г.

Обследовано 607 детей: 295 мальчиков и 312 девочек, возраст от 7 до 11 лет (1–4 классы обще-

образовательной школы).

Обработка данных производилась на основе центильного и Z-score распределения по таблицам и графикам ВОЗ [ВОЗ. Ожирение ...]. В рекомендациях ВОЗ предлагается считать нормой для роста и массы тела показатели, укладывающиеся в значения от 15-го до 85-го центиля таблиц, созданных на основании исследований ВОЗ; значения за пределами этих уровней шкалы – меньше 15-го перцентиля и выше 85-го рассматривались как ниже и выше нормы. Для уточнения оценки соответствия показателей стандартным (эталонным) использовалось процентное соотношение детей с параметрами показателей роста (Р), массы тела (МТ) и индекса массы (ИМТ), соответствующих норме (от -2 до $+2$ SDS – стандартных отклонений от медианы для роста и массы тела и от -2 до $+1$ SDS для ИМТ). При значениях <-2 SDS диагностировали низкорослость, дефицит МТ и сниженный ИМТ; при значениях $>+2$ SDS – высокорослость и избыточность МТ, от $+1$ до $+2$ SDS повышенный ИМТ и $>+2$ SDS – ожирение.

Сравнительный анализ осуществлялся с использованием пакета статистических программ Statistica v.10.0. Уровень различий вычисляли по Т-критерию Стьюдента и точного критерия Фишера. Равенство дисперсий в группах проверяли посредством применения F-критерия Фишера. При проверке статистических гипотез принимали 5%-ный уровень значимости.

Результаты

Поперечный срез показателей роста и массы тела проведен на основании измерений школьников обоего пола, учащихся 1–4 классов двух общеобразовательных школ г. Перми. Распределение детей по возрасту и полу представлено в табл. 1.

Таблица 1

Состав исследованной выборки по возрасту и полу

Пол	Возраст					всего
	7 лет	8 лет	9 лет	10 лет	11 лет	
Мальчики	14	78	76	46	81	295
Девочки	17	82	73	42	98	312
Сумма	31	160	149	88	179	607

Сравнение роста, массы тела и индекса массы тела (ИМТ, индекс Кетле) у мальчиков и девочек каждой возрастной группы свидетельствует о статистическом равенстве параметров. Этот факт позволил объединить мальчиков и девочек каждой возрастной группы. Значения показателей даны в табл. 2.

Рост и масса тела увеличиваются равномерно с 7 до 9 лет и ускоренно между 9- и 11-м годами; ИМТ не изменяется между 7 и 9-м годом и возрастает после 9 лет.

тает после 9 лет.

Наиболее важным для популяционных исследований является установление процентильного распределения показателей и Z-score анализа в выборке в целом. Как уже отмечалось, по рекомендациям ВОЗ предлагается считать значения роста и массы тела, находящиеся в границах от -2 до $+2$ score, укладывающимися в границы нормы. Для ИМТ эти границы сужены и представляют собой отклонения от среднего значения параметра между

-2 и +1 score. Абсолютное количество детей и их процентное соотношение по измеренным параметрам представлено в табл. 3.

Таблица 2

Антропометрические параметры детей разного возраста

Возраст, лет	Показатель		
	рост, см (M±m)	вес, кг (M±m)	ИМТ, кг/м ² (M±m)
7, n=31	124.3±1.1	25.7±1.0	16.5±0.5
8, n=160	128.2±0.4**	27.1±0.4	16.4±0.2
9, n=149	132.4±0.5***	29.2±0.5***	16.6±0.2
10, n=88	139.4±0.7***	34.6±0.9***	17.6±0.3***
11, n=179	148.2±0.6***	40.9±0.6***	18.5±0.2***

Примечание. *** – различия достоверны между смежными возрастными группами.

Таблица 3

Распределение антропометрических показателей в исследованной выборке

Показатель	Z-score				
	<-2	-2 до -1	-1 до +1	+1 до +2	>+2
Рост, абс. (%)	6 (1.0)	68 (11.2)	360 (59.3)	129 (21.3)	44 (7.2)
Масса тела, абс. (%)	2 (0.3)	39 (6.4)	383 (63.1)	111 (18.3)	72 (11.9)
ИМТ, абс. (%)	3 (0.5)	44 (7.2)	389 (64.1)	96 (15.8)	75 (12.4)*

Примечание * – ожирение мальчиков встречается достоверно чаще, чем девочек при $p = 0.035$ (точный критерий Фишера).

Из данных табл. 3 видно, что в границы стандартной нормы укладывается около 90% детей по показателям роста и массы тела и более 70% – по индексу массы тела. Последний по тем же критериям ВОЗ отражает нутритивный статус тела и гармоничность физического развития. При этом озабоченность вызывает избыточность массы тела (15.8%; Z-score от +1 до +2) и ожирение (12.4%; Z-score >+2).

Графическое отражение распределения соответствующих параметров в изучаемой выборке представлено на рис. 1. Совершенно очевидно, что имеет место отклонение Z-score вправо от стандартов ВОЗ, то есть от нулевого значения (за нулевое принимается значение медианы соответствующего показателя в тот или иной возрастной период). В частности, для роста это отклонение составило 0.33 Z-score, массы тела – 0.53 Z-score, ИМТ – 0.44 Z-score.

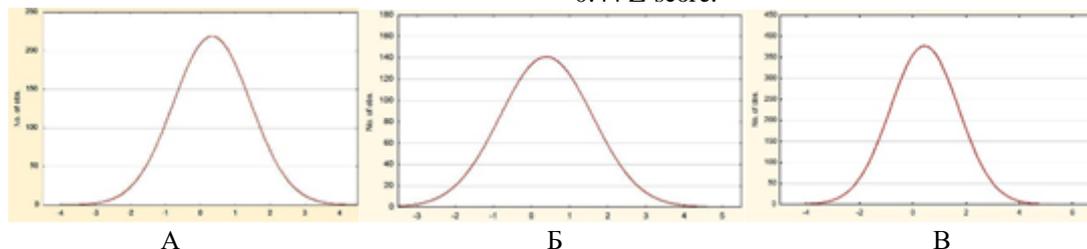


Рис. 1. Распределение значений Z-score роста (А), массы тела (Б), и ИМТ (В) в исследуемой выборке младших школьников

Аналогичное распределение для детей 7–10 лет получено при исследовании московских школьников [Ходжиева и др., 2016]. При этом авторы отмечают, что спектры распределения всех параметров в выборке «сдвинуты» в сравнении со стандартными табличными значениями ВОЗ в сторону увеличения показателей на 0.31–0.45 Z-score

В работе Е.А. Цукаревой, А.В. Авчинникова, И.Л. Алимовой [2019], исследовавших оценку физического развития и режима питания школьников г. Смоленска, зарегистрирована более чем двукратная частота встречаемости ожирения у мальчиков 7- – 10-летнего возраста по сравнению с девочками.

Как уже отмечалось, в распределении показателя ИМТ в направлении от минимальных его значений к максимальным, имеет место смещение вправо, то есть в сторону более высоких показателей. При этом низкие значения (<-2 Z-score) и нормальные (от -2 до 1 Z-score), так же, как и повышенные (от 1 до 2-х Z-score) среди мальчиков и девочек распределены пропорционально. Различие касается только группы детей с ИМТ, соответствующим градации «ожирение». В этой группе из 75 человек, мальчиков с ожирением в полтора раза больше, чем девочек. Из 75 школьников со значением ИМТ, превышающим 2 Z-score, мальчиков – 45, девочек – 30 (рис. 2).

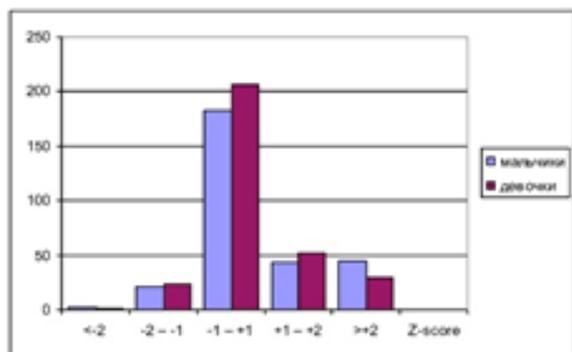


Рис. 2. Распределение мальчиков и девочек по Z-score ИМТ во всех возрастных группах

Мы проанализировали, в каком возрасте этот феномен проявляется в большей степени.

На рисунке 3 представлено абсолютное количество детей с выраженным ожирением в каждой возрастной группе. В 7 и 9 лет одинаковое количество мальчиков и девочек имеют высокий ИМТ; но само это количество небольшое – по 2 и 7 детей, соответственно. Самое большое опережение мальчиков по данному показателю в 8-летнем возрасте; мальчиков в 3 раза больше, чем девочек – 13 и 4 человека, соответственно. Поскольку мы не проводили более углубленное исследование и не имеем сведений о режиме дня, физических нагрузках и питании детей, то лишь констатируем данный факт, не объясняя его ни внешними, ни внутренними причинами.

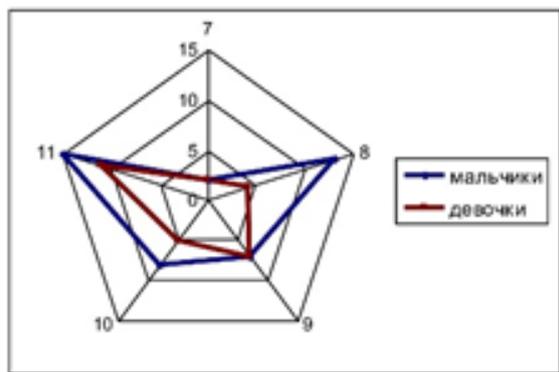


Рис. 3. Ожирение мальчиков и девочек в разных возрастных группах выборки

Анкетирование детей, страдающих ожирением, и их родителей, проведенное А.В. Витебской, Е.А. Писаревой, А.В. Попович [2016] показало, во-первых, что дебютным для развития ожирения является возраст 7–10 лет; во-вторых, что нет определенности и, скорее всего, однозначности в вопросе причин развития ожирения. Более того, во многих случаях нет и осознания самого явления, то есть понимания наличия ожирения и его негативного влияния на развитие ребенка, как со стороны детей, так и родителей.

Видимо, заложенные в этом возрасте пищевые предпочтения и особенности образа жизни сказыва-

ются на проявлении ожирения и в другие возрастные периоды. Так, по данным М.Ю. Галактионовой и А.Л. Рахимовой [2013], изучавших антропометрические показатели подростков, высокие значения ИМТ зафиксированы у шестнадцатилетних юношей и восемнадцатилетних девушек, что оценивается как показатель дисгармоничности их физического развития.

Заключение

Мы в полной мере разделяем озабоченность специалистов разного уровня и научных направлений, занимающихся исследованием роста и развития детей и влиянием разных факторов, приводящих к дисгармоничности значительного количества детей, поскольку гармоничность роста и развития – основа здоровья и благополучия личности и общества. Таким образом, проведенное исследование констатирует отсутствие существенных различий в распределении антропометрических параметров у пермских школьников 7–11 лет по сравнению с детьми из других регионов России – г. Москвы и Смоленска. Поскольку обработка материала производилась с использованием стандартных графиков и таблиц, разработанных ВОЗ для всего мирового сообщества, полученные результаты могут быть приобщены к общей базе данных для оценки физического развития детей до 11 лет.

Список литературы

- Аршавский И.А. Основы негэнтропийной теории биологии индивидуального развития, значение в анализе и решении проблемы здоровья // Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. СПб., 1993. С. 5–24.
- Витебская А.В., Писарева Е.А., Попович А.В. Образ жизни детей и подростков с ожирением. Результаты анкетирования пациентов и их родителей // Ожирение и метаболизм. 2016. Т. 13, № 2. С. 33–40.
- ВОЗ. Ожирение и избыточный вес. [Obesity and overweight. Fact sheet]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/ru/>
- Галактионова М.Ю., Рахимова А.Л. Физическое развитие современных подростков // Мать и дитя в Кузбассе. 2013. № 1(52). С. 34–38.
- Изотова Л.Д. Современные взгляды на проблему оценки физического развития детей и подростков // Казанский медицинский журнал. 2015. Т. 96, №6. С. 1015–1021.
- Мартинчик А.Н. и др. Ретроспективная оценка антропометрических показателей детей России в 1994–2012 гг. по новым стандартам ВОЗ // Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского. 2015. Т. 94, № 1. С. 156–160.
- Тутельян В.А. и др. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди детского насе-

ления РФ: мультицентровое исследование // Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского. 2014. Т. 93, № 5. С.28–31.

Ходжиева М.В. и др. Оценка физического развития детей младшего школьного возраста (7–10 лет): результаты когортного исследования // Педиатрическая фармакология. 2016. Т. 13, № 4. С. 362–366.

Цукарева Е.А., Авчинников А.В., Алимova И.Л. Оценка физического развития и режима питания детей младшего школьного возраста, проживающих в Смоленске // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 4. С. 35–40.

References

Arshavskii I.A. [Fundamentals of the negentropic theory of the biology of individual development, its significance in the analysis and solution of the health problem]. *Valeologija: Diagnostika, sredstva i praktika obespečenija zdorov'ya* [Valeology: Diagnostics, means and practice of ensuring health]. St-Petersburg, 1993, pp. 5-24. (In Russ.).

Vitebskaya A.V., Pisareva E.A., Popovich A.V. [Lifestyle in children and adolescents with obesity: results of the survey of patients and their parents]. *Ožirenie i metabolism.* V. 13, N 2 (2016): pp. 33-40. (In Russ.).

VOZ. *Ožirenie i izbytočnyj ves* [WHO. Obesity and overweight. Fact sheet]. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/ru/> (In Russ.).

Galaktionova M.Y., Rahimova A.L. [The physical development of modern teenagers]. *Mat' i ditja v Kuzbasse.* N 1(52) (2013): pp. 34-38. (In Russ.).

Izotova L.D. [Modern view on the problem of children and adolescents physical development assesment]. *Kazanskij medicinskij žurnal.* V. 96, N 6 (2015): pp.1015-1021. (In Russ.).

Martinchik A.N., Baturin A.K., Keshabyants Eh.Eh., Peskova E.V. [Retrospective assessment of anthropometric indicators of Russian children in 1994-2012 according to new WHO standards]. *Pediatrija. Žurnal imeni G.N. Speranskogo.* V. 94, N 1 (2015): pp. 156-160. (In Russ.).

Tutel'yan V.A., Baturin A.K., Kon' I.YA. et al. [The prevalence of obesity and overweight among the children's population of the Russian Federation: a multicenter study]. *Pediatrija. Žurnal imeni G.N. Speranskogo.* V. 93(5) (2014): pp. 28-31. (In Russ.).

Khodzhiyeva M.V., Skvortsova V.A., Borovik T.E., Namazova-Baranova L.S., Margieva T.V. et al. [Assessment of physical development of children of primary school age (7–10 years): results of cohort study]. *Pediatricheskaja farmakologija.* V. 13, N 4 (2016): pp. 362-366. (In Russ.).

Tsukareva E.A., Avchinnikov A.V., Alimova I.L. [Assessment of physical development and diet of primary school children in Smolensk]. *Pediatricheskaja farmakologija.* V. 88, N 4 (2019): pp. 35-40. (In Russ.).

Поступила в редакцию 25.06.2021

Об авторах

Горбунова Виктория Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии позвоночных и экологии
ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: orcid.org/0000-0002-3751-2101
614068, Пермь, ул. Букирева, 15;
vitagorbunova@mail.ru; +789124952520

Отавина Марина Львовна, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой анатомии, физиологии, химии и безопасности жизнедеятельности
ФГБОУВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»
ORCID: orcid.org/0000-0002-1881-43152
614990, Пермь, ул. Сибирская, 24;
otavina@pspu.ru; (342) 2151952-550

Лир Дарья Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены медико-профилактического факультета
ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России
ORCID: orcid.org/0000-0002-7738-6832
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26;
darya.lir@mail.ru; (342) 2125338

About the authors

Gorbunova Victoria Vladimirovna, candidate of biology, associate professor of the Department of vertebrate zoology and ecology
Perm State University.

ORCID: orcid.org/0000-0002-3751-2101
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614068;
vitagorbunova@mail.ru; +789124952520

Otavina Marina Lvovna, candidate of medicine, associate professor, head of the Department of anatomy, physiology, chemistry and health
Perm State Humanitarian Pedagogical University.

ORCID: orcid.org/0000-0002-1881-43152
24, Sibirskaya Str., Perm, Russia, 614990;
otavina@pspu.ru; (342) 2151952-550

Lir Daria Nikolaevna, candidate of medicine, associate professor of the Department of hygiene, faculty of medical prophylaxis
E.A. Vagner Perm State Medical University.

ORCID: orcid.org/0000-0002-7738-6832
Petropavlovskaya Str, 26, Perm, Russia, 614990;
darya.lir@mail.ru; (342) 2125338

Гаврилова Ирина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент каф. анатомии, физиологии, химии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»
ORCID: orcid.org/0000-0002-3751-2101
614990, Пермь, ул. Сибирская, 24;
gavrilova_in@pspu.ru; (342) 2151952-492

Огарышева Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, доцент каф. анатомии, физиологии, химии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»
ORCID: orcid.org/0000-0001-8203-5618
614990, Пермь, ул. Сибирская, 24;
ogaryseva@pspu.ru; (342) 2151952-492

Чихачева Елена Борисовна, врач-педиатр ГБУЗ ПК «Детская клиническая больница им. П.И. Пичугина»
ORCID: orcid.org/0000-0002-2907-0075
614007, Пермь, ул. Революции, 8;
010478lana@mail.ru

Gavrilova, Irina Nikolaevna, candidate of biology, associate professor of the Department of anatomy, physiology, chemistry and health Perm State Humanitarian Pedagogical University.
ORCID: orcid.org/0000-0002-3751-2101
24, Sibirskaya Str. Perm, Russia, 614990;
gavrilova_in@pspu.ru; (342) 2151952-492.ru

Ogarysheva Natalia Vladimirovna, candidate of biology, associate professor of the Department of anatomy, physiology, chemistry and health Perm State Humanitarian Pedagogical University.
ORCID: orcid.org/0000-0001-8203-5618
24, Sibirskaya Str. Perm, Russia, 614990;
ogaryseva@pspu.ru; (342) 2151952-492

Chihacheva Elena Borisovna, pediatrician GBUZ PK "Children's Clinical Hospital named after P.I. Pichugin".
ORCID: orcid.org/0000-0002-2907-0075
8, Revolyucii str., Perm, Russia, 614007;
010478lana@mail.ru

Информация для цитирования:

Характеристика физического развития школьников 7–11 лет г. Перми (поперечный срез, 2019) / В.В. Горбунова, М.Л. Отавина, Д.Н. Лир, И.Н. Гаврилова, Н.В. Огарышева, Е.Б. Чихачева // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 206–211. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-206-211.

Gorbunova V.V., Otavina M.L., Lir D.N., Gavrilova I.N., Ogarysheva N.V., Chikhacheva E.B. [Characteristics of physical development of primary school-aged children (Perm, cross-sectional study, 2019)]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 206-211. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-206-211.

УДК 504.3.054; 504.3.06

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-212-218.

Т. А. Мещурова

Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем, Пермь, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Обобщены фактические данные о динамике выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников и заболеваемости органов дыхания населения в Пермском крае. Выявлено, что за многолетний период (2006–2018 гг.) на фоне увеличения массы выбросов от передвижных источников наблюдается рост впервые выявленной заболеваемости органов дыхания детского и взрослого населения региона. Получены значимые коэффициенты корреляции между величинами выбросов от передвижных источников и показателями заболеваемости органов дыхания взрослых ($r = 0.70$ – высокая корреляция) и детей ($r = 0.61$ – средняя корреляция). Выявлена зависимость возникновения болезней органов дыхания человека от загрязнения воздуха передвижными источниками в Пермском крае. Исследование имеет практическое значение для принятия решений по реализации мероприятий в направлении уменьшения негативного воздействия передвижных источников на здоровье населения региона.

Ключевые слова: воздействие выбросов от передвижных источников; Пермский край; взрослое и детское население; заболеваемость органов дыхания.

T. A. Meshchurova

Ural State Research Institute of Regional Ecological Problems, Perm, Russian Federation

Assessment of the impact of emissions from mobile sources on the incidence of respiratory diseases in the population of the Perm region

The article summarizes the accumulated actual data on the dynamics of emissions of pollutants from mobile sources and the incidence of respiratory diseases in the Perm Region. As a result of the analysis, it was revealed that over a long-term period (2006–2018), against the background of an increase in the mass of emissions from mobile sources, there is an increase in the first-time detected respiratory diseases of children and adults in the region. Significant correlation coefficients were obtained between the values of emissions from mobile sources and the indicators of respiratory diseases in adults ($r=0.70$ – high correlation) and children ($r=0.61$ – average correlation). The dependence of the occurrence of human respiratory diseases on air pollution from mobile sources in the Perm Region was revealed. The study is of practical importance for making decisions on the implementation of measures to reduce the negative impact of mobile sources on the health of the population of the region.

Key words: impact of emissions from mobile sources; Perm region; adult and child population; respiratory diseases.

Введение

Уменьшение загрязнения атмосферного воздуха токсичными веществами, содержащимися в выбросах промышленных предприятий и автомобильного транспорта, в современном мире является одной из важнейших задач, стоящих перед человечеством. При интенсивном развитии городов автомобильный транспорт считается неблагоприятным экологическим фактором в охране здоровья человека и природной среды. С каждым годом количество автотранспорта растет, увеличивается концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе и снижается содержание в нем кислорода.

В зависимости от воздействия на организм человека компоненты отработавших газов делятся на токсичные – оксид углерода, оксиды азота и серы, углеводороды, альдегиды, свинцовые соединения; канцерогенные – бенз(а)пирен, трихлорметан, ди-хлорметан, ацетальдегид, бензол, формальдегид, сажа; раздражающего действия – оксиды серы, углеводороды. Всего отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания содержат около 280 компонентов [Марков, Баширов, Габитов, 2002; Секенбаева и др., 2014; Астафьева, Безсолицин, Щетникова, 2016]. Влияние на человека зависит от их концентрации в атмосферном воздухе и продолжительности воздействия. Исследованиями доказано

негативное действие выбросов автотранспорта на человеческий организм [Денисов, Рогалев, 2003; Айдинов и др., 2006; Лим, 2010; Май, Клейн, 2011; Лежнин, Коньшина, Сергеева, 2014; Serian et al., 2014; Рахманин, Русаков, Самутин, 2015; Никифорова и др., 2017; Маснабиева, Кудашева, 2018; Чанчаева, Гвоздарева, Гвоздарев, 2019]. Зафиксирован высокий уровень заболеваемости детского населения в пределах территорий педиатрических участков, расположенных вблизи крупных перекрестков автодорог (г. Ижевск) [Малькова, Семкина, 2017].

Отмечено влияние компонентов отработавших газов автотранспорта, особенно повышенное их содержание, приводящее к ухудшению работы сердечно-сосудистой системы, снижению физической работоспособности (от CO), к нарушению функций легких, увеличению частоты респираторных заболеваний (от выбросов твердых частиц и NO₂) [Баринаова, Забалканская, 2017; Иваненко и др., 2017], к нарушению деятельности иммунной системы (у подростков от воздействия формальдегида) [Маснабиева, Кудашева, 2018].

При изучении экологического состояния абиотических компонентов ООПТ «Черняевский лесопарк» (г. Пермь) авторами установлено, что максимальный уровень загрязнения атмосферного воздуха создается по NO₂ и CO (соответственно составляет 10.24 ПДК и 3.15 ПДК). Он формируется вдоль транспортных магистралей в районе участков с интенсивным движением. По мере удаления от дорог уровень загрязнения существенно уменьшается и достигает нормативных значений [Двинских и др., 2013].

Повышенное содержание оксидов азота в атмосфере крупных городов может служить причиной образования фотохимического смога. В результате происходит накопление «приземного» озона (в противоположность стратосферному). Он является сильнейшим окислителем, оказывает канцерогенное, мутагенное, генотоксическое действие. Токсичность его увеличивается при наличии оксидов азота (совместное воздействие в 20 раз сильнее) [Баринаова, Забалканская, 2017].

Значимую роль в формировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферу играют и виды моторного топлива, которые используются транспортными средствами (О состоянии... Российской Федерации, 2020). Кроме химического загрязнения, отрицательное действие оказывают и физические факторы передвижных источников – тепловое, акустическое воздействие, электромагнитное поле [Баринаова, Забалканская, 2017].

Различные неблагоприятные факторы воздействия передвижных источников на окружающую среду влияют на состояние атмосферного воздуха и в Пермском крае.

В течение последних лет в атмосфере территорий населенных мест Пермского края регистрировались пробы по приоритетным веществам, превышающие ПДК (3,4-бенз(а)пирен, этилбензол, гидроксibenзол, формальдегид, диметилбензол, взвешенные вещества, гидрохлорид, диоксид азота). С каждым годом в крае увеличивается число единиц автотранспорта [О состоянии санитарно..., 2016, 2020]. Выбросы отработавших газов автотранспорта происходят на небольшой высоте, то есть в зоне дыхания человека [Баринаова, Забалканская, 2017].

Одним из основных факторов риска возникновения заболеваний у населения городов принято считать уровень загрязнения атмосферы [Рахманин, Русаков, Самутин, 2015]. Анализ экологического состояния атмосферного воздуха, важного компонента окружающей среды – часть исследовательской деятельности, направленной на сбережение здоровья и улучшение качества жизни.

В Пермском крае ежегодно в структуре впервые выявленной заболеваемости показатель по болезням органов дыхания превышает средний уровень по Приволжскому федеральному округу и Российской Федерации [О состоянии санитарно..., 2020]. Первичная заболеваемость взрослого населения астмой и астматическим статусом за 2009–2019 гг. имеет неблагоприятную тенденцию к росту. На продолжении многих лет приоритетное место в структуре первичной заболеваемости детского населения занимают болезни органов дыхания [О состоянии и..., 2016, 2018, 2019, 2020a].

Цель настоящего исследования – изучение влияния выбросов от передвижных источников на заболеваемость органов дыхания населения Пермского края.

Материалы и методы

Данные о загрязнении атмосферного воздуха выбросами от передвижных источников взяты из ежегодных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края (2006–2019 гг.). Показатели впервые выявленной заболеваемости органов дыхания детского (дети до 14 лет, 2006–2018 гг.) и взрослого населения (2006–2018 гг.) использованы из материалов докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае. Проведен корреляционный анализ заболеваемости органов дыхания детского, взрослого населения и величин выбросов от передвижных источников в атмосферный воздух.

Формулы и уравнения

При анализе данных о загрязненности воздушного бассейна выбросами автомобильного транс-

порта на территории региона выявлено, что в период с 2014 по 2019 гг. Пермский край входил в ТОП–15 регионов с максимальным объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта. По значению удельных выбросов на человека в 2019 г., которое составило 40.5 кг/чел., Пермский край занимал 6-е место среди 15 других

регионов Российской Федерации [Бюллетень..., 2020]. Выбранные из докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края сведения о характере загрязнения атмосферного воздуха выбросами от передвижных источников за 2006–2019 гг. [О состоянии..., 2016, 2018, 2019, 2020а] представлены на рис. 1.

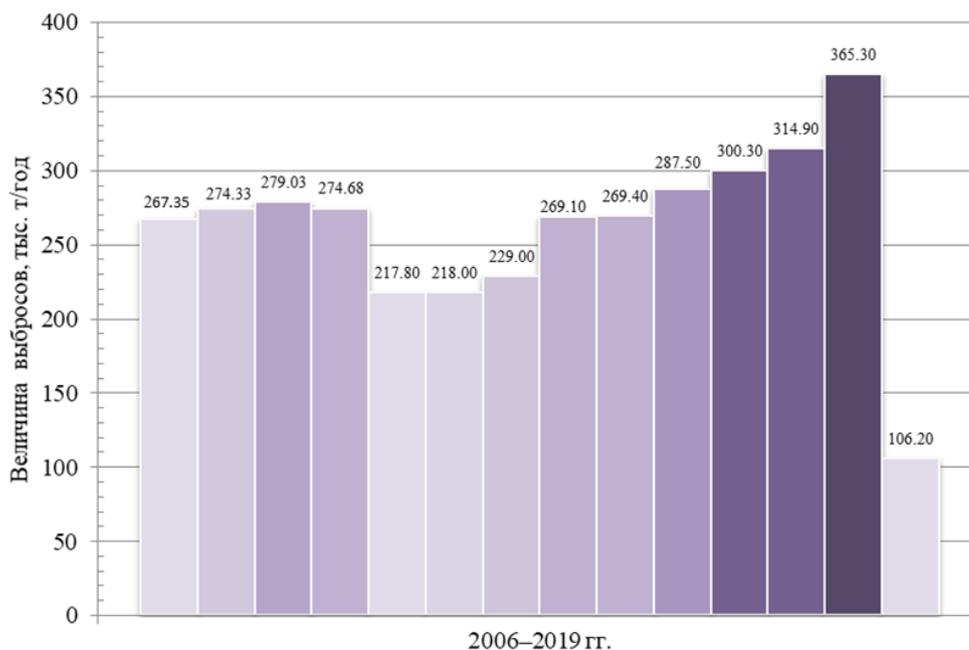


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников по Пермскому краю за 2006–2019 гг., тыс. т/год [О состоянии..., 2016, 2018, 2019, 2020а]

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что в целом величина выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников имеет тенденцию к повышению до 2018 г., относительное снижение наблюдалось в 2009–2011 гг. За 12 лет масса выбросов увеличилась в 2018 г. по сравнению с 2006 г. на 26.8%.

По материалам Западно-Уральского межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования [О состоянии и..., 2020б], в 2019 г. величина выбросов снизилась вследствие внесения изменений распоряжением Минприроды от 13.12.2019 № 37-р в Методические рекомендации по оценке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников (автомобильный и железнодорожный транспорт), утвержденные распоряжениями Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 01.11.2013 № 6-р [О внесении..., 2019], в результате чего изменилась система подсчета массы выбросов.

Показатели впервые выявленной заболеваемости органов дыхания взрослого и детского населения представлены в виде гистограмм на рис. 2 и 3.

По гистограмме, изображенной на рис. 2, видно, что показатели заболеваемости органов дыха-

ния взрослого населения нестабильны, в общем прослеживается возрастающая тенденция числа заболевших (на 1000 взрослого населения) к 2018 г. По сравнению с 2006 г. в 2018 г. заболеваемость органов дыхания увеличилась на 18.4%.

Изучение динамики впервые выявленной заболеваемости органов дыхания детского населения Пермского края выявило тенденцию к приросту численности заболевших к 2018 г. По сравнению с 2006 г. показатели заболеваемости органов дыхания детского населения увеличились к 2018 г. на 10.13%, а в 2017 г. возрастание заболеваемости наблюдалось почти на 14% (рис. 3).

Можно предположить, что одной из причин увеличения количества заболеваний органов дыхания населения является рост выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников в атмосферном воздухе Пермского края (рис. 1).

В результате проведенного корреляционного анализа установлено, что прослеживается корреляция между увеличением заболеваемости органов дыхания детского и взрослого населения и ростом выбросов от передвижных источников. Получены значимые коэффициенты корреляции (r) между величинами выбросов от передвижных источников и показателями заболеваемости органов дыхания

взрослого ($r = 0.70$ – высокая корреляция) и детского населения ($r = 0.61$ – средняя корреляция). Выявлена зависимость возникновения болезней органов дыхания человека от загрязнения воздуха передвижными источниками в Пермском крае.

Показано, что за многолетний период (2006–2018 гг.) на фоне увеличения массы выбросов от передвижных источников наблюдается рост впервые выявленной заболеваемости органов дыхания детского и взрослого населения региона.

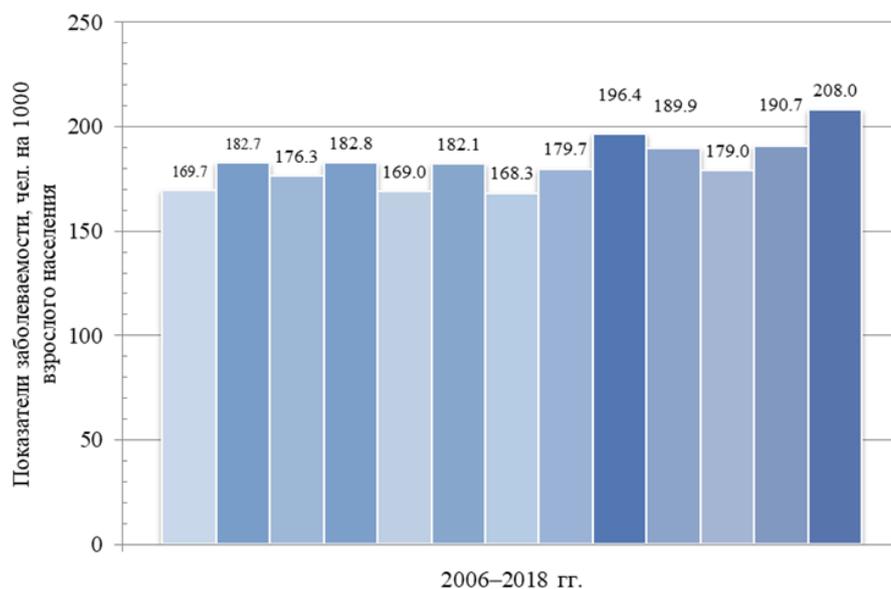


Рис. 2. Динамика впервые выявленной заболеваемости органов дыхания взрослого населения, чел. на 1000 взрослого населения [О санитарно- ..., 2011, 2012; О состоянии санитарно- ..., 2016, 2020]

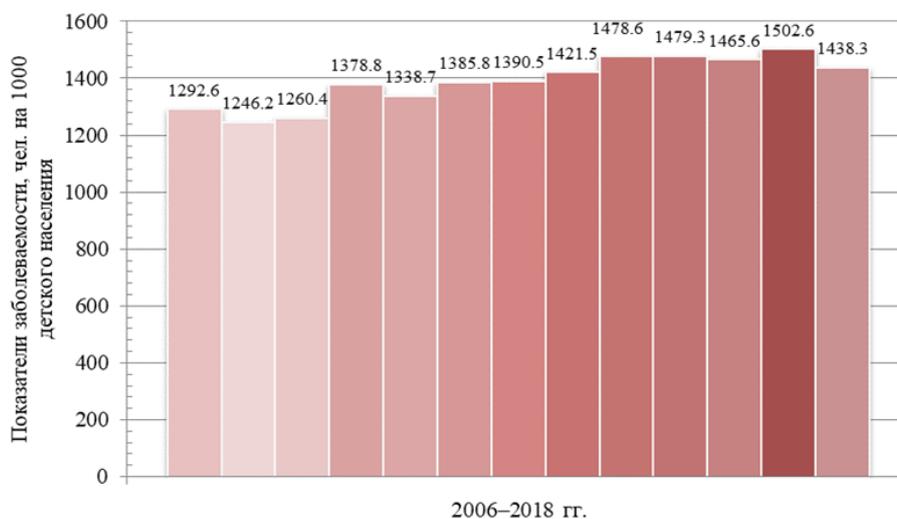


Рис. 3. Динамика впервые выявленной заболеваемости органов дыхания детского населения, чел. на 1000 детского населения [О санитарно- ..., 2011, 2012; О состоянии санитарно- ..., 2016, 2020]

Нельзя исключать и другие причины заболеваний органов дыхания населения Пермского края. Наличие корреляционной связи между величинами массы выбросов от передвижных источников и показателями по болезням органов дыхания взрослых и детей подтверждает, что вредные вещества отработавших газов оказывают существенное влияние на возникновение заболеваемости дыхательной системы у населения Пермского края. В настоящее время ведущую роль в загрязнении атмосферы региона играет автотранспорт.

Заключение

Проведенное исследование показало, что высокий уровень загрязнения воздушного пространства компонентами выбросов от передвижных источников негативно влияет на здоровье населения и обуславливает повышение заболеваемости органов дыхания. Выявлена корреляционная связь между величинами выбросов от передвижных источников и показателями заболеваемости органов дыхания

детского и взрослого населения. Доказательство связи ухудшения состояния здоровья населения, в том числе детского, с неблагоприятным воздействием загрязнений окружающей среды (в частности, атмосферы) имеет практическое значение для принятия решений по реализации мероприятий по уменьшению влияния передвижных источников на здоровье населения Пермского края. Необходимо расширять внедрение экологически чистого транспорта, перевод автомобилей на сжиженный газ, создавать объездные, кольцевые дороги для автотранспорта, целесообразно вводить специальные приемы застройки и озеленение автомагистралей, использовать подземное пространство для размещения гаражей и автостоянок.

Список литературы

- Айдинов Г.Т.* и др. Актуальность оценки риска влияния выбросов автотранспорта на здоровье населения городов Ростовской области // Современные проблемы гигиены города, методология и пути решения: материалы пленума. М., 2006. С. 18–22.
- Астафьева О.М., Безсолицин Н.П., Щетникова О.Б.* Нормативы по защите окружающей среды. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2016. 20 с.
- Баринова Л.Д., Забалканская Л.Э.* Негативные последствия транспортной деятельности в мегаполисе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 5–1. С. 32–35.
- Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Экология и экономика: тенденция к декарбонизации / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. М., октябрь 2020. № 66. 18 с.
- Денисов В.Н., Роголев В.А.* Проблемы экологизации автомобильного транспорта. СПб., 2003. 213 с.
- Двинских С.А.* и др. Характеристика экологического состояния абиотических компонентов ООПТ «Черняевский лесопарк» // Географический вестник. 2013. № 4(27). С. 65–78.
- Иваненко А.В.* и др. Оценка риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений на отдельных территориях Москвы // Гигиена и санитария. 2017. № 3. С. 206–211.
- Лежнин В.Л., Коньшина Л.Г., Сергеева М.В.* Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда // Гигиена и санитария. 2014. № 1. С. 83–86.
- Лим Т.Е.* Влияние транспортных загрязнений на здоровье человека: обзор литературы // Экология человека. 2010. № 1. С. 4–9.
- Май И.В., Клейн С.В.* Анализ риска здоровью населения от воздействия выбросов автотранспорта и пути его снижения // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1–8. С. 1895–1901.
- Малькова И.Л., Семакина А.В.* К оценке загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом как фактора риска для здоровья детского населения города Ижевска // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. 2017. № 1. С. 55–59.
- Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И.* Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 374 с.
- Маснавиева Л.Б., Кудаева И.В.* Вариабельность показателей иммунной системы при различной ингаляционной нагрузке диоксидом азота воздушной среды // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 42. С. 192–206.
- Никифорова В.А.* и др. Автотранспорт и его влияние на окружающую среду // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 1. С. 192–194.
- О внесении изменений в распоряжение Росприроднадзора от 1 ноября 2013 г. № 6-Р: распоряжение Минприроды № 37-р от 13 дек. 2019 г. Режим доступа: СПС «КонсультантПлюс».
- О санитарно-эпидемиологической обстановке в Пермском крае в 2010 г.: Гос. докл. Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». Пермь, 2011.
- О санитарно-эпидемиологической обстановке в Пермском крае в 2011 г.: Гос. докл. Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». Пермь, 2012.
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2015 г.: Докл. Мин-ва природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2016.
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2017 г.: Докл. Мин-ва природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2018.
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2018 г.: Докл. Мин-ва природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2019.
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2019 г.: Докл. Мин-ва природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2020а.
- О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 г.: Гос. докл. Минприроды России. М.: 2020б. 1000 с.
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2015 г.: Гос. докл. Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». Пермь, 2016.
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2019 г.: Докл. Управления Роспотребнадзора по Перм-

- скому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». Пермь, 2020.
- Рахманин Ю.А., Русаков Н.В., Самутин Н.М. Отходы – как интегральный эколого-гигиенический критерий комплексного воздействия на окружающую среду и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2015. № 6 (94). С. 5–11.
- Сексенбаева Р.Б. и др. К вопросу о составе отработавших газов дизелей // Технические науки: теория и практика: материалы II Междунар. науч. конф. Чита: Молодой ученый, 2014. С. 75–77.
- Чанчаева Е.А., Гвоздарева О.В., Гвоздарев А.Ю. Состояние атмосферного воздуха и здоровье детей в условиях возрастающей транспортной и теплоэнергетической нагрузки // Экология человека. 2019. № 11. С. 12–19.
- Serian R. et al. Diesel exhaust particulates affect cell signaling, mucin profiles, and apoptosis in trachea explants of Balb/C mice // *Environ. Toxicol.* 2014. № 30. P. 1297–1308.
- Tabor S.M. et al. Platelet activation independent of pulmonary inflammation contributes to diesel exhaust particulate-induced promotion of arterial thrombosis // *Particle and Fibre Toxicology*. 2016. № 13 (6). P. 2–14.
- ### References
- Ajdinov G.T., Zaichenko T.A., Komarova R. F., Pryadko L.I. [Relevance of the risk assessment of the impact of vehicle emissions on the health of the population of the cities of the Rostov region]. *Sovremennye problemy gigieny goroda, metodologiya i puti resheniya* [Modern problems of hygiene of the city, methodology and solutions: materials of the plenum]. Moscow, 2006, pp. 18-22. (In Russ.).
- Astaf'eva O.M., Bezsolicin N.P., Shhetnikova O.B. *Normativy po zashchite okruzhajushchej sredy* [Environmental protection regulations]. Ekaterinburg, UGLTU Publ., 2016. 20 p. (In Russ.).
- Barinova L.D., Zabalkanskaya L.E. [Negative consequences of transport activities in the metropolis]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. N 5-1 (2017): pp. 32-35. (In Russ.).
- Bjulleten` o tekuščich tendencijach rossijskoj èkonomiki. Èkologija i èkonomika: tendenciya k dekarbonizacii* [Bulletin on current trends in the Russian economy. Ecology and economics: the trend towards decarbonisation. Analytical Center under the Government of the Russian Federation]. Moscow. N 66 (2020): pp. 1-18. (In Russ.).
- Denisov V.N., Rogalev V.A. *Problemy èkologizacii avtomobil'nogo transporta* [Problems of greening road transport]. St-Peterburg, 2003. 213 p. (In Russ.).
- Dvinskix S.A., Maksimovich N.G., Zueva T.V., Larchenko O.V. [Characteristics of the ecological state of the abiotic components of the protected area «Chernyaevsky Forest Park»]. *Geografičeskij vestnik*. N 4(27) (2013): pp. 65-78. (In Russ.).
- Ivanenko A.V., Sudakova E.V., Skvorczova S.A., Bestuzheva E.V. [Assessment of the public health risk from exposure to atmospheric pollution in certain areas of Moscow]. *Gigiena i sanitarija*. N 3 (2017): pp. 206-211. (In Russ.).
- Lezhnin V.L., Kon'shina L.G., Sergeeva M.V. [Assessment of the risk to the health of the child population caused by air pollution from vehicle emissions, using the example of Salekhard]. *Gigiena i sanitarija*. N 1 (2014): pp. 83-86. (In Russ.).
- Lim T.E. [The impact of transport pollution on human health. Literature review]. *Èkologiya čeloveka*. N 1 (2010): pp. 4-9. (In Russ.).
- Maj I.V., Klejn S.V. [Analysis of the public health risk from the impact of vehicle emissions and ways to reduce it]. *Izvestija samarskogo naučnogo centra RAN*. V. 13, N 1–8 (2011): pp. 1895-1901. (In Russ.).
- Maľkova I.L., Semakina A.V. [On the assessment of atmospheric air pollution with formaldehyde as a risk factor for the health of the children's population of the city of Izhevsk]. *Vestnik VGU. Geografija. Geoèkologija*. N 1 (2017): pp. 55-59. (In Russ.).
- Markov V.A., Bashirov R.M., Gabitov I.I. *Toksičnosť otrabotavšich gazov dizelej* [Toxicity of diesel exhaust gases]. Moscow, MGTU Publ., 2002. 374 p. (In Russ.).
- Masnavieva L.B., Kudaeva I.V. [Variability of the immune system parameters under different inhalation loads of nitrogen dioxide in the air]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija*. N 42 (2018): pp. 192-206. (In Russ.).
- Nikiforova V.A., Vidishheva D.D., Podojnicyna N.A., Gleba V.S. [Motor transport and its impact on the environment]. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye i inženernye nauki*. V. 1 (2017): pp. 192-194. (In Russ.).
- O vnesenii izmenenij v rasporyazhenie Rosprirodnadzora ot 1 nojabrja 2013, № 6-R. Rasporyazhenie Minprirody* [About modification of the order of Rosprirodnadzor of November 1, 2013 No. 6-R. Order of the Ministry of Natural Resources of 13.12.2019 No. 37-r]. Access mode: ConsultantPlus legal reference system. (In Russ.).
- O sanitarno-èpidemiologičeskoj obstanovke v Permskom krae v 2010 godu* [On the sanitary and epidemiological situation in the Perm Region in 2010: State Report of the Rospotrebnadzor Department for the Perm Region, the Federal Medical Institution "Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region"]. Perm, 2011. (In Russ.).
- O sanitarno-èpidemiologičeskoj obstanovke v Permskom krae v 2011 godu* [On the sanitary and epidemiological situation in the Perm Region in 2011: State Report of the Rospotrebnadzor Department for the Perm Region, the Federal Medical Institution "Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region"]. Perm, 2012. (In Russ.).
- O sostojanii i ob ochrane okruzhajushchej sredy Permskogo kraja v 2015 godu* [On the state and environmental protection of the Perm Region in 2015. Report of the Ministry of Natural Resources,

- Forestry and Ecology of the Perm Region]. Perm, 2016. (In Russ.).
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2017 году [On the state and environmental protection of the Perm Region in 2017. Report of the Ministry of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Perm Region]. Perm, 2018. (In Russ.).
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2018 году [On the state and environmental protection of the Perm Region in 2018. Report of the Ministry of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Perm Region]. Perm, 2019. (In Russ.).
- О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2019 году [On the state and environmental protection of the Perm Region in 2019. Report of the Ministry of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Perm Region]. Perm, 2020. (In Russ.).
- О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году [On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2019, the State Report of the Ministry of Natural Resources of Russia.]. Moscow, 2020. 1000 p. (In Russ.).
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2015 году [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Perm Region in 2015, the State Report of the Department of Rospotrebnadzor for the Perm Region, the Federal Medical Institution "Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region"]. Perm, 2016. (In Russ.).
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2019 году [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Perm Region in 2019, the State Report of the Department of Rospotrebnadzor for the Perm Region, the Federal Medical Institution "Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region"]. Perm, 2020. (In Russ.).
- the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Perm Region in 2019, the State Report of the Department of Rospotrebnadzor for the Perm Region, the Federal Medical Institution "Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region"]. Perm, 2020. (In Russ.).
- Rahmanin Yu.A., Rusakov N.V., Samutin N.M. [Waste – as an integral ecological and hygienic criterion of a complex impact on the environment and public health]. *Gigiena i sanitarija*. N 6 (94) (2015): pp. 5-11. (In Russ.).
- Seksenbaeva R.B., Daniyarov N.A., Zhalgasbekov A.Z., Minbaev Zh.S. [On the issue of the composition of diesel exhaust gases]. *Techničeskie nauki: teorija i praktika*. [Technical Sciences: theory and practice. Materials of the II Int. Scientific Conf.]. Ćita, Molodoj uĉenyj Publ., 2014, pp. 75-77. (In Russ.).
- Chanchaeva E.A., Gvozdareva O.V., Gvozdarev A.Yu. [The state of atmospheric air and the health of children in conditions of increasing transport and heat and power load]. *Ėkologija ĉeloveka*. N 11 (2019): pp. 12-19. (In Russ.).
- Serian R., Junqueira M. S., Toledo A. C. et al. Diesel exhaust particulates affect cell signaling, mucin profiles, and apoptosis in trachea explants of Balb/C mice. *Environ. Toxicol.* N 30 (2014): pp. 1297-1308.
- Tabor S. M., Shaw C. A. et al. Platelet activation independent of pulmonary inflammation contributes to diesel exhaust particulate-induced promotion of arterial thrombosis. *Particle and Fibre Toxicology*. N 13 (6) (2016): pp. 2-14.

Поступила в редакцию 28.05.2021

Об авторе

Мещурова Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологических проблем загрязнения водных объектов
ФГБУ УралНИИ «Экология»
ORCID: 0000-0003-2987-2198
614039, г. Пермь, Комсомольский проспект, 61а;
tmeshurova@mail.ru; 89082612673

About the author

Meshchurova Tatiana Alexandrovna, candidate of biology, senior researcher of the Department of environmental problems of water pollution
Ural State Research Institute of Regional Ecological Problems.
ORCID: 0000-0003-2987-2198
614039, Russia, Perm, Komsomolsky prospect, 61a;
tmeshurova@mail.ru; 89082612673

Информация для цитирования:

Мещурова Т.А. Оценка влияния выбросов от передвижных источников на заболеваемость органов дыхания населения Пермского края // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 212–218. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-212-218.

Meshchurova T.A. [Assessment of the impact of emissions from mobile sources on the incidence of respiratory diseases in the population of the Perm region]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 212-218. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-212-218.

ИММУНОЛОГИЯ

УДК 612.062:613.5+613.95

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-219-227.

Д. В. Ланин^{1,2,3}, К. Н. Лихачев^{2,4}, О. В. Долгих^{1,2}, А. А. Сабитова¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия

³ Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера, Пермь, Россия

⁴ Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае, Пермь, Россия

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО СТАТУСА ОБУЧАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НЕИОНИЗИРУЮЩЕЙ ПРИРОДЫ

Проведена гигиеническая оценка ряда физических факторов школьной среды и описаны особенности иммунного статуса обучающихся в условиях воздействия этих факторов в гимназии г. Пермь (группа наблюдения) в сравнении с особенностями этих же показателей у учеников школы одного из городов Пермского края. Все исследуемые физические факторы, за исключением аэроионного состава воздуха, не превышали предельно допустимых уровней, установленных санитарными требованиями. В воздухе всех обследованных учебных кабинетов гимназии выявлено несоответствующее нормативу количество отрицательных и положительных аэроионов; в школе в ряде кабинетов аэроионный состав воздуха соответствовал норме. Сравнительный анализ показателей иммунной системы выявил наличие зависимых от возраста изменений в экспрессии CD-рецепторов лимфоцитов в условиях наличия дополнительных источников физических факторов. У учащихся групп наблюдения в начальной, основной и старшей школе найдены изменения отдельных классов иммуноглобулинов как по отношению к группам сравнения, так и по отношению к физиологической норме. Обнаружен дисбаланс про- и противовоспалительных цитокинов у детей в начальной и обшей школах гимназии.

Ключевые слова: физические факторы; школьники; иммунная система.

D. V. Lanin^{1,2,3}, K. N. Likhachev^{2,4}, O. V. Dolgikh^{1,2}, A. A. Sabitova¹

¹ Perm State University, Perm, Russian Federation

² FSC for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

³ Perm State Medical University named after E.A. Wagner, Perm, Russian Federation

⁴ Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region, Perm, Russian Federation

Features of the immune status of pupils under the influence of heterogeneous physical factors of a non-ionizing nature

A hygienic assessment of a number of physical factors of the school environment was carried out and the features of the immune status of students under the influence of these factors in the gymnasium of Perm (observation group) were described in comparison with the features of the same indicators in students of a school in one of the cities of the Perm Region. All the studied physical factors, with the exception of the aeroionic composition of the air, did not exceed the maximum permissible levels established by sanitary requirements. In the air of all the examined classrooms of the gymnasium, the number of negative and positive aeroions was found to be inconsistent with the norm; at school, in a number of classrooms, the aeroion composition of the air corresponded to the norm. A comparative analysis of the immune system indicators revealed the presence of age-dependent changes in the expression of CD-receptors of lymphocytes in the presence of additional sources of physical factors. In the students of the observation groups in primary, primary and high school, changes in individual classes of immunoglobulins were found both in relation to the comparison groups and in relation to the physiological norm. An imbalance of pro- and anti-inflammatory cytokines was found in children in primary and secondary schools of the gymnasium.

Key words: physical factors; schoolchildren; immune system.

Проблема воздействия различных факторов [Науменко, 2011; Васильев, 2012; Ланин, Лебедева, 2016], в частности, имеются работы, посвященные влиянию физических факторов на регуля-

торные (адаптивные) системы [Григорьев, 2002; Лаптиева, Крикало, 2015; Наумов, 2019], к которым традиционно относят нервную и эндокринную системы, однако, кроме указанных систем, к адаптивных относится иммунная система [Ланин, 2013; Самотруева и др., 2017].

В связи со сложившейся эпидемической ситуацией, связанной с новой коронавирусной инфекцией в течение 2020–2021 гг. в школах широко применялось дистанционное обучение, которое сопровождается применением большого количества электронных средств обучения (компьютеров, планшетов, сотовых телефонов и т.д.), генерирующих разнообразные физические факторы [Мальцев, Мальцев, 2020]. Но достаточного количества работ, посвященных теме воздействия физических факторов на организм человека, и, в частности, на иммунную систему, до сих пор нет. Поэтому цель данного исследования – изучить особенности иммунной системы учащихся в условиях воздействия физических факторов неионизирующей природы.

Материалы и методы

Объектом исследования явилась группа наблюдения в количестве 114 чел., которая была разделена в зависимости от возраста учащихся в школе на 3 подгруппы: начальная школа (возраст 6–8 лет, 27 девочек, 21 мальчик), основная школа (возраст 12–15 лет, 15 девочек, 13 мальчиков), старшая школа (возраст 16–19 лет, 24 девушки, 14 юношей). Все дети группы наблюдения обучались в одной из гимназий г. Перми (далее – Гимназия). В названной Гимназии в учебном процессе широко применяется вспомогательное электронное оборудование («умная доска», Smartboard SBD600 series), также в каждом классе имеется дополнительный источник физических факторов – маршрутизатор (Wi-Fi роутер Huawei hg8145v5). Группа сравнения представляла собой детей и подростков (всего 144 чел.) разделенных аналогичным с Гимназией образом – начальная школа (возраст 6–8 лет, 16 девочек, 18 мальчиков), основная школа (возраст 12–15 лет, 30 девочек, 25 мальчиков), старшая школа (возраст 16–19 лет, 36 девочек, 19 мальчиков), обучающихся в одной из средних общеобразовательных школ одного из городов Пермского края (далее – Школа, СОШ). В Школе группы сравнения практически не было дополнительных источников физических факторов, за исключением смарт-доски в кабинете информатики.

На первом этапе исследования проведены измерения ряда физических факторов в учебных классах в каждой подгруппе (начальная, основная, старшая школа) в обоих учебных заведениях. На каждом рабочем месте в каждой из исследованных классных комнат изучены: уровни шума, искусственной освещенности, коэффициента пульсации

освещенности, электромагнитное излучение частотой от 5 Гц до 400 кГц, аэроионный состав воздуха. В каждом учреждении обследовано по 5 классных комнат (всего 10, из них 8 кабинетов для «теоретических» занятий – по 4 в каждом учреждении и 2 кабинета информатики – по 1 в каждом объекте), в каждой классной комнате от 15 до 33 учебных мест (обследовано каждое учебное (рабочее) место в каждом кабинете). Измерения уровней физических факторов неионизирующей природы проводились согласно действующим на момент исследования методикам измерения. Оценка параметров шума проводилась шумомером-анализатором спектра, виброметром портативным «Октава-110А» по методическим указаниям и ГОСТ [МУ № 1844-78; ГОСТ 23337-2014]. Замеры уровней искусственной освещенности и коэффициента пульсации освещенности проводились прибором: люксметр-пульсметр «Аргус-07» по ГОСТам [24940-2016, 33393-2015]. Измерения воздействующих на учащихся электромагнитных составляющих проводились измерителем параметров электрического и магнитного полей трехкомпонентным ВЕ-метр-АТ-003 по методике, указанной в СанПиН [2.2.4.3359-16]. С целью измерения количества отрицательных и положительных ионов в воздухе исследуемых объектов применялся счетчик аэроионов «МАС-01», измерения проводили согласно методике [МУК 4.3.1675-03]. Все приборы имели действующие сертификаты поверки, измеренные показатели записывались с оформлением специальной документации. Полученные результаты сравнивались с нормативными показателями соответствующих санитарных правил и норм (СанПиН). Данный фрагмент исследования проведен совместно с Лабораторией физических факторов отдела обеспечения лабораторной деятельности ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» Роспотребнадзора. Также на этом этапе проведено анкетирование учителей в указанных выше учебных заведениях. Анкеты включали вопросы, связанные с временем воздействия исследуемых физических факторов и касающиеся организации работы с электронными устройствами. Для времени включения оборудования (интерактивные умные доски, персональные электронные вычислительные машины (ПЭВМ, компьютеры)) на каждом уроке по анкетным данным произведен расчет медиан. С целью верификации анкетных данных по времени активности учащихся, связанных с воздействием электронного и прочего оборудования, проведен хронометраж (измерение времени, для включенного оборудования, отдельно для доски, отдельно для ПЭВМ в кабинетах информатики, для шумового воздействия в периоды относительной тишины (минимум) и относительной громкости (максимум) на

занятиях). Нормативными значениями в периоды относительной тишины (минимум) выбрано значение не более 40 дБА, что соответствует предельно допустимому уровню (ПДУ) для классных помещений, учебных кабинетов (п. 6.3 СП 51.13330.2011). Однако данная норма не учитывает человеческую речь, разговор, в том числе и громкий, включение звуковоспроизводящей аппаратуры, задействованной в образовательном процессе в естественных условиях. По разным источникам шум громкой речи человека составляет от 50 до 70 дБ. Поэтому, в связи с отсутствием в санитарном законодательстве нормативного регулирования ПДУ для образовательного процесса нами была принята норма не более 65 дБА. Таким образом, в данном исследовании нормативными значениями для периодов относительной тишины (минимум) были значения не более 40 дБА, а для периода относительной громкости (максимум) – не более 65 дБА. Так как свет в кабинетах включен постоянно – факторы освещенность искусственная и коэффициент пульсации освещенности принимался равный 45 мин. воздействия. Проведен анализ расписания уроков в начальной, основной и старшей школе исследуемых объектов на предмет длительности использования электронных устройств в учебном процессе.

На втором этапе исследования проведено углубленное изучение ряда показателей иммунной системы учащихся.

Все обследования проводились с соблюдением этических принципов медицинских исследований с участием человека в качестве объекта исследования, изложенных в Хельсинкской декларации ВМА в редакции 2013 г. [Хельсинкская ..., 2013]

С целью маркирования изменений иммунологических параметров проводилось CD-фенотипирование, определение фагоцитарной активности лейкоцитов, концентрации иммуноглобулинов (Ig) А, G, M, E. CD-фенотипирование включало определение относительного и абсолютного числа CD3⁺, CD3⁺CD25⁺, CD3⁺CD95⁺, CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺, CD19⁺, CD16⁺56⁺ лимфоцитов при помощи цитофлюориметра FACSCalibur с помощью коммерческих наборов («Vecton Dickinson», США). Исследование системы общего фагоцитоза проводили с использованием в качестве объектов фагоцитоза формализированных эритроцитов барана [Каплин, 1996]. Содержание сывороточных иммуноглобулинов А, G, M изучали методом радиальной иммунодиффузии по Манчини. Концентрацию IgE и цитокинов (интерлейкины (IL): IL-4, IL-10, интерферон-гамма (IFN γ)) определяли с помощью тест-систем для ИФА («Вектор-Бест», РФ; «Хема-Медика», РФ).

Статистическая обработка материала. Для большинства параметров рассчитывали значение

средней арифметической и ее стандартной ошибки ($M \pm m$). В этом случае статистическую значимость различий оценивали по непарному *t*-критерию Стьюдента. При неправильном распределении показателя (оценка времени использования «умной доски» во время уроков в гимназии) в выборке применялся расчет медианного значения показателя (медианы).

Результаты и их обсуждение

При проведении сравнительной гигиенической оценки физических факторов (1-й этап исследования), воздействующих на обучаемых в Гимназии, установлено наличие следующих источников, генерирующих изучаемые физические факторы (оборудование): лампы дневного света (светодиодные), электронные («умные») доски (Smartboard SBD600 series) – по одной доске в каждом из классов, передатчики Wi-Fi сигнала (роутеры) (Huawei hg8145v5) – по одному аппарату в каждой классной комнате. Указанное оборудование и его расположение в исследуемых комнатах (помещениях) носит однотипный характер. При этом в Школе источники искусственного освещения имеют следующие особенности: в кабинете информатики установлены лампы светодиодные, остальные кабинеты оборудованы люминесцентными лампами. В данном учебном заведении, в отличие от гимназии, во всех кабинетах, кроме кабинета информатики, отсутствовали дополнительные источники электромагнитного излучения. В кабинетах информатики в обоих учебных заведениях имеются персональные электронные-вычислительные машины (ПЭВМ, компьютеры) на каждом рабочем месте (персональное место учащегося) общим числом – 15, что соответствует СанПиН, также в этих кабинетах в обеих школах имеется электронная («умная») доска (Smartboard). На момент проведения обследования персональные смартфоны и планшеты во время очных занятий не использовались и их воздействие на обучающихся не учитывалось.

В ходе анализа анкет учителей в Гимназии установлено, что интерактивные электронные доски используют практически все преподаватели, за исключением учителей физкультуры, технологии. Установлено, что время использования данного оборудования на большинстве уроков составляет в начальной школе – от 3 до 45 мин. (медианное значение – 10 мин.). В основной школе время использования умной доски составило – от 5 до 10 мин. (медианное значение – 7.5 мин.). В старшей школе время использования смартборда составило – от 5 до 10 мин. (медиана – 7.5 мин.). При этом на предмете информатика время использования ПЭВМ на каждом рабочем месте каждым учеником составило 45 мин. (все время занятия). Часто-

та урока в основной и старшей школе – 1 раз в неделю. Эти факты подтверждаются как данными анкетирования учителей, так и собственными натурными наблюдениями (хронометражем). Установлено, что время использования данного оборудования, применяемого в СОШ только на уроке информатики в основной и старшей школах, составляет 45 мин.). Таким образом, в Школе в процессе обучения дополнительные источники, излучающие электромагнитное поле, используются только на уроке информатики 1 раз в неделю и только в основной и старшей школе. В то время как в Гимназии, дополнительное оборудование (смартборд) применяется практически на всех «теоретических» уроках и во всех изученных подгруппах. Также в Гимназии в каждом классе находятся маршрутизаторы (роутеры), которые отсутствуют в общеобразовательной школе. Компьютеры используются в обоих изученных объектах примерно в сходных режимах – в основной и старшей школе.

Хронометраж показал, что искусственная освещенность воздействует на учащихся (фактически присутствует) в течение всего урока – 45 мин. в обоих учебных заведениях. Время воздействия коэффициента пульсации освещенности и отрицательных, и положительных ионов в воздухе также составляли 45 мин. на каждом из занятий. Уровни искусственной освещенности во всех подгруппах Гимназии составили от 588 до 612 лк, а в СОШ в начальной, основной и старшей школе – от 478 до 662 лк. Это более 300 лк и является нормативным значением для учебных классов в образовательных организациях. Уровни коэффициента пульсации освещенности в Гимназии во всех подгруппах составили от 0 до 0,2%, в то время как в Школе уровни коэффициента пульсации освещенности – 0,1% в кабинете информатики и от 5,9 до 9,1% – в остальных кабинетах.

Таким образом, в Гимназии измеренные значения коэффициента пульсации освещенности во много раз ниже максимальных нормативных значений, составляющих – 5% для учебных мест, оборудованных ПЭВМ, согласно СанПиН [2.2.2/2.4.1340-03] и 10% для учебных кабинетов, согласно СанПиН [2.2.1/2.1.1.1278-03]. Такие низкие уровни коэффициента пульсации одновременно при довольно высоких показателях уровней освещенности обусловлены качественными источниками искусственного света (светодиодные лампы). В отличие от Школы, где коэффициент пульсации в кабинетах теоретических занятий составил от 5,9 до 9,1%, что также является нормой для учебных классов в школе. Более высокие уровни коэффициента пульсации освещенности в кабинетах для теоретических занятий в школе обусловлены типом ламп (люминесцентные).

Шум, производимый на занятиях в Гимназии различной техникой, по данным анкет составлял от 20 до 45 мин., по субъективным ощущениям преподавателей являлся для них комфортным. По данным проведенного хронометража: шум – относительная тишина – 50% времени урока (около 22,5 мин) относительно громко 50% (около 22,5 мин) в каждой из подгрупп, но не более 65 дБ, что соответствует уровню громкой речи человека. Согласно проведенным натурным исследованиям в обоих учебных заведениях эквивалентный уровень звука (шум) без учащихся в каждом кабинете составил не более 40 дБ, что соответствует нормативу для учебных кабинетов в образовательных организациях п.3 табл. 5.35 СанПиН [1.2.3685-21] и позволяет констатировать, что при измерении уровней звука в классных комнатах при занятии школьников никакие посторонние источники шума не вносили вклад в измеренные значения. При анализе анкет учителей школы установлено, что шум, производимый на занятиях, по данным анкет составлял от 5 до 45 мин., и был в основном комфортным для преподавателей и учеников, складывался не из шума оборудования, а был связан в основном с человеческой речью (процессом обучения). По данным проведенного нами хронометража: шум – относительная тишина – до 50% времени урока (около 22 мин.) относительно громко до 50% (около 22 мин.) в каждой из подгрупп, но не более 65 дБ аналогично Гимназии. Согласно проведенным исследованиям в обоих учебных заведениях эквивалентный уровень звука (шум) относительная тишина и относительная громкость составили от 33,9 дБА (минимум) до 55,1 дБА соответственно.

По результатам измерений уровней аэроионного состава воздуха в Гимназии было выявлено недостаточное количество отрицательных и положительных аэроионов в воздухе учебных кабинетов. Так, концентрация отрицательных аэроионов составила менее 100 ион/см³ во всех кабинетах, что меньше чувствительности прибора. Концентрация положительных аэроионов – от менее 100 до 110 ион/см³, что не соответствует нормативу, установленному для рабочих мест [СанПиН 2.2.4.3359-16]. В Школе аэроионы, положительно заряженные во всех подгруппах, составили менее 100 ион/см³, в основной школе – 1 100 ион/см³, в кабинете информатики 1 380 ион/см³. Аэроионы, отрицательно заряженные, в основной и старшей школе составили менее 100 ион/см³, в начальной школе – 110 ион/см³, в кабинете информатики – 1 340 ион/см³. Таким образом, «нестандартные» показатели по аэроионному составу воздуха в Гимназии и соответствие нормативу в основной школе и кабинете информатики в Школе могут быть объяснены либо несовершенством методики измерения, или

расположением Школы в относительно «благоприятном в экологическом плане» районе по сравнению с Гимназией.

Однако вопрос влияния аэроионного состава на здоровье человека является достаточно дискуссионным, а в ряде работ подвергается критическим замечаниям и сомнению [Петрякова, Алексеев, 2009].

При анализе электромагнитного излучения в каждом из 4 кабинетов для теоретических занятий для каждой подгруппы на учебном месте величина напряженности электрического поля в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц составила менее 5 в/м, для диапазона от 2 до 400 кГц – менее 0.5 в/м (ниже предела чувствительности прибора). Плотность магнитного потока для диапазона от 5 Гц до 2 кГц составляла менее 0.06 мТл, а для 2–400 кГц – менее 5 мТл, что также ниже предела чувствительности прибора.

В кабинете информатики Гимназии были зафиксированы наибольшие значения напряженности электрического поля не выше 6.5 и 1.2 в/м для диапазонов 5 Гц–2 кГц и 2–400 кГц соответственно, что превышает аналогичные показатели, полученные в кабинетах для теоретических занятий. Плотность магнитного потока в этом кабинете составляла значения от менее 0.06 до 0.12 мТл для диапазона 5 Гц–2 кГц (выше аналогичного показателя в других кабинетах), и практически не отличалась от других кабинетов (менее 5 мТл) в диапазоне 2–400 кГц.

Согласно результатам измерений, в каждом из 4 кабинетов для теоретических занятий, а равно для кабинета информатики для начальной, основной и старшей школы, на каждом учебном месте величина напряженности электрического поля в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц составила менее 5 в/м, для диапазона от 2 до 400 кГц – менее 0.5 в/м (ниже предела чувствительности прибора). Плотность магнитного потока для диапазона от 5 Гц до 2 кГц составляла менее 0.06 мТл, а для 2–400 кГц – менее 5 мТл, что также ниже предела чувствительности прибора.

Натурные измерения показателей электромагнитного излучения во всех изученных классных комнатах на каждом учебном месте, включая кабинеты информатики, как в Гимназии, так и в Школе не превышали предельно-допустимые уровни. Однако отмечается незначительное повышение электромагнитного фона (не достигающее статистической значимости) в Гимназии по сравнению со Школой, что может быть связано с наличием дополнительных источников электромагнитного излучения.

Таким образом, гигиенический анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что комплекс изученных физических факторов неионизи-

рующей природы, воздействующих на обучающихся данных учебных заведений, не превышал предельно допустимых уровней ни по одному из изученных параметров, за исключением аэроионного состава воздуха.

Учитывая наличие дополнительных источников физических факторов на территории Гимназии в сравнении со Школой, провели сравнительную оценку иммунологических показателей у учащихся обоих учебных заведений по подгруппам – начальная, основная, старшая школы (2-й этап исследования). Сводные результаты данного этапа представлены в таблице.

Сравнительный анализ показателей иммунной системы детей, обучающихся в начальной школе, позволил установить, что в группе наблюдения (Гимназия) не обнаружено статистически значимых изменений врожденного звена клеточного иммунитета (фагоцитоза), как по отношению к норме, так и в сравнении с учениками СОШ, однако частота проб со снижением показателей фагоцитарной активности выше в группе наблюдения (абсолютный фагоцитоз в Гимназии – 12.5, в Школе – 0%; фагоцитарное число – 27.1 и 15.2% соответственно). Выявлено снижение IgG в группе «гимназистов» как по сравнению со «школьниками», так и по сравнению с физиологической нормой. Несмотря на повышение уровня IgE общего в обеих исследованных группах (таблица) обнаружено, что в группе наблюдения частота регистрации проб в два раза превышает данный показатель группы сравнения (37.5% – группа наблюдения, 18.8% – группа сравнения). Не обнаружено статистически значимых отклонений показателей CD-иммунограммы в сравнении с референтным уровнем у учащихся начальной школы Гимназии, за исключением снижения количества лимфоцитов, экспрессирующих CD3⁺CD25⁺ рецепторы у детей в группе наблюдения относительно физиологической нормы и показателей группы сравнения по относительным и абсолютным значениям. Частота регистрации проб ниже физиологической нормы в данной группе составляла 73%. Необходимо отметить, что CD25⁺-лимфоциты являются маркерами активации лимфоцитов. Анализ показателей цитокиновой регуляции позволил установить превышение провоспалительного цитокина IFN γ при одновременном снижении противовоспалительного IL-4 у «гимназистов» при сравнении со «школьниками» (таблица).

При анализе показателей иммунной системы у детей основной школы установлена значительно большая вариативность в показателях, характеризующих экспрессию различных рецепторов лейкоцитов по сравнению с начальной школой. Так, выявлено повышение в группе «гимназистов» CD19⁺-лимфоцитов, CD3⁺CD8⁺-лимфоцитов, как по относительным, так и по абсолютным показателям. А также понижение относительного числа CD3⁺-

лимфоцитов и CD3⁺CD25⁺-лимфоцитов. Кроме того, установлено снижение индекса CD4⁺/CD8⁺. В гуморальном звене наблюдается снижение IgA в группе наблюдения по отношению к группе сравнения, при этом в обеих группах данный показатель не выходит за пределы физиологической нормы. Как видно из таблицы, фагоцитарная активность повышена как по проценту фагоцитоза, так и

по фагоцитарному числу в группе наблюдения при сопоставлении с группой сравнения. Как и у детей начальной школы в основном звене наблюдается разнонаправленные изменения IL-4 (понижение) и IFN γ (повышение) по отношению к группе сравнения.

Показатели иммунологических маркеров у обследованных детей

Показатель	Физиол. норма	Группа наблюдения (M \pm m)	Группа сравнения (M \pm m)	Межгрупповое различие (p)
<i>Начальная школа</i>				
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.1-0.3	0.086 \pm 0.036	0.203 \pm 0.087	0.013
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, отн., %	5-12	3.6 \pm 1.477	7.4 \pm 3.02	0.020
IgG, г/дм ³	10.96-16	10.096 \pm 0.641	11.758 \pm 0.531	0.000
Интерлейкин-4, пг/мл	0-4	0.455 \pm 0.252	1.555 \pm 0.401	0.000
Интерферон - гамма, пг/мл	0-15	5.077 \pm 0.798	2.287 \pm 0.375	0.000
<i>Основная школа</i>				
CD19 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.09-0.66	0.414 \pm 0.059	0.269 \pm 0.081	0.004
CD19 ⁺ -лимфоциты, отн., %	6-25	17.95 \pm 2.962	11.9 \pm 2.91	0.005
CD3 ⁺ -лимфоциты, отн., %	55-84	55 \pm 6.825	67.5 \pm 6.559	0.010
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, отн., %	5-12	4.3 \pm 0.628	9.6 \pm 4.527	0.016
CD3 ⁺ CD8 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.19-1.14	0.731 \pm 0.103	0.558 \pm 0.143	0.043
CD3 ⁺ CD8 ⁺ -лимфоциты, отн., %	13-41	30.75 \pm 3.01	24.3 \pm 3.2	0.004
CD4 ⁺ /CD8 ⁺ , усл. ед.	0.8-4.2	1.271 \pm 0.184	1.628 \pm 0.301	0.038
IgA, г/дм ³	1.1-3	1.534 \pm 0.138	1.911 \pm 0.223	0.005
Процент фагоцитоза, %	35-60	53.745 \pm 2.03	47.714 \pm 2.808	0.001
Фагоцитарное число, у.е.	0.8-1.2	1.043 \pm 0.069	0.894 \pm 0.081	0.007
Интерлейкин-4, пг/мл	0-4	0.427 \pm 0.115	0.971 \pm 0.485	0.034
Интерферон - гамма, пг/мл	0-15	4.806 \pm 0.469	2.235 \pm 0.454	0.000
<i>Старшая школа</i>				
CD19 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.09-0.66	0.412 \pm 0.065	0.221 \pm 0.127	0.004
CD19 ⁺ -лимфоциты, отн., %	6-25	18.36 \pm 2.144	9 \pm 4.403	0.000
CD3 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.69-2.54	1.246 \pm 0.158	1.655 \pm 0.197	0.001
CD3 ⁺ -лимфоциты, отн., %	55-84	55.84 \pm 4.321	69.667 \pm 5.084	0.000
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.1-0.3	0.142 \pm 0.049	0.234 \pm 0.057	0.010
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, отн., %	5-12	6.44 \pm 2.428	10 \pm 3.042	0.046
CD3 ⁺ CD4 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.41-1.59	0.891 \pm 0.095	0.632 \pm 0.125	0.001
CD3 ⁺ CD4 ⁺ -лимфоциты, отн., %	31-60	40.36 \pm 2.613	26.5 \pm 4.289	0.000
CD3 ⁺ CD8 ⁺ -лимфоциты, абс., 10 ⁹ /дм ³	0.19-1.14	0.608 \pm 0.111	0.931 \pm 0.179	0.001
CD3 ⁺ CD8 ⁺ -лимфоциты, отн., %	13-41	27.12 \pm 3.371	39.167 \pm 5.84	0.000
CD4 ⁺ /CD8 ⁺ , усл. ед.	0.8-4.2	1.634 \pm 0.249	0.698 \pm 0.191	0.000
IgM, г/дм ³	1.1-2.5	1.466 \pm 0.079	1.292 \pm 0.117	0.015
Фагоцитарный индекс, у.е.	1.5-2	1.954 \pm 0.065	1.811 \pm 0.091	0.012

При анализе особенностей экспрессии CD рецепторов на поверхности лимфоцитов у учащихся старшей школы обнаружено повышение CD19⁺, CD3⁺CD4⁺-лимфоцитов по относительным и абсолютным показателям. Одновременно наблюдается снижение CD3⁺-, CD3⁺CD25⁺-, CD3⁺CD8⁺-лимфоцитов по абсолютным и относительным показателям. Обращает на себя внимание однонаправленность изменений экспрессии CD-рецепторов в основной и старшей школе, за исключением CD3⁺ CD8⁺. Соответственно, в старшей

школе в группе наблюдения, в отличие от основной школы, найдено повышение индексного показателя CD4⁺/CD8⁺. Отметим, что анализ изменений иммунологических показателей группы наблюдения старшей школы позволил установить повышение маркеров гуморального иммунитета IgM и маркеров врожденного иммунитета (фагоцитарный индекс).

Заключение

В итоге, по результатам оценки физических факторов школьной среды не выявлено превышений уровней шума, искусственной освещенности, коэффициента пульсации освещенности, электромагнитного излучения частотой от 5 Гц до 400 кГц по сравнению с нормой для помещений классных комнат. При этом аэроионный состав воздуха был ниже нормативных показателей в исследуемых кабинетах Гимназии и в части кабинетов Школы, кроме кабинета информатики и одного кабинета основной школы, в которых содержание аэроионов соответствовало норме. Также при сравнительном анализе физических факторов, воздействующих на учащихся Гимназии, отмечается незначительное повышение электромагнитного фона по сравнению со Школой; вместе с тем, полученные значения не выходят за пределы допустимых уровней.

При сравнении иммунных показателей групп сравнения и наблюдения трех подгрупп (начальная, основная, старшая школы) обнаружены зависящие от возраста разнонаправленные изменения в экспрессии различных субпопуляций лимфоцитов, умеренные изменения гуморального звена (иммуноглобулины) и фагоцитарных показателей по отношению к группе сравнения и/или физиологической норме. Исследование показало наличие дисбаланса про- и противовоспалительных цитокинов у детей в начальной и общей школах Гимназии.

В качестве направления дальнейшего исследования предполагается установление (детектирование) связей между изменением изучаемых физических факторов и маркеров функционирования иммунной системы путем построения соответствующих математических моделей, что должно помочь в обнаружении ранних, скрытых, донозологических сдвигов иммунных механизмов, связанных с воздействием комплекса физических факторов учебной среды, которые по отдельности не превышают предельно допустимые уровни (что продемонстрировано в настоящем исследовании), но могут потенцировать неблагоприятное действие друг друга. Также эта информация может быть использована в программах профилактики иммунных нарушений школьников.

Список литературы

Васильев А.В. Проблемы оценки сочетанного влияния шума и других физических факторов на здоровье человека // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 6. С. 158–165.
ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданиях. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения: 17.08.2021).
ГОСТ 24940-2016. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140599> (дата обращения: 17.08.2021).
ГОСТ 33393-2015. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127444> (дата обращения: 17.08.2021).
Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля и здоровье человека. М., 2002. 177 с.
Каплин В.Н. Нетрадиционная иммунология инфекций. Пермь, 1996. 163 с.
Ланин Д.В. Анализ корегуляции иммунной и нейроэндокринной систем в условиях воздействия факторов риска // Анализ риска здоровью. 2013. № 1. С. 73–81.
Ланин Д.В., Лебедева Т.М. Воздействие химических факторов среды обитания на функции и взаимосвязи регуляторных систем у детей // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 94–96.
Лантуева Л.Н., Крикало И.Н. Проблемы электромагнитной безопасности в школьном возрасте // Весник МДПУ імя І.П. Шамякіна. 2015. № 2 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-elektromagnitnoy-bezopasnosti-v-shkolnom-vozhaste> (дата обращения: 17.08.2021).
Мальцев В.А., Мальцев К.В. Пандемия и образование // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pandemiya-i-obrazovanie> (дата обращения: 17.08.2021).
МУ № 1844-78. Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах. Режим доступа из СПС КонсультантПлюс. 2021 (дата обращения: 17.08.2021).
МУК 4.3.1675-03. Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035494> (дата обращения: 17.08.2021).
Науменко А.М. Исследование электромагнитного излучения от систем сотовой связи // Вестник БНТУ. 2011. № 4. С. 44–47.
Наумов А.Д. Влияние электромагнитных излучений на репродуктивную функцию // Охрана материнства и детства. 2019. № 2(34). С. 58–61.
Петрякова О.Д., Алексеев И.С. Аэроионный состав воздушной среды воздуха рабочей зоны на примере учебного корпуса ВУиТ // Вестник ВУиТ. 2009. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aeroionnyy-sostav-vozdushnoy-sredy-vozduha-rabochey-zony-na-primere-uchebnogo-korpusa-vuit> (дата обращения: 17.03.2021).
Самотруева М.А. и др. Нейроиммуноэндокринология: современные представления о молекулярных механизмах // Иммунология. 2017. Т. 38, № 1. С. 49–59.
СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и

- требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 17.08.2021).
- СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420362948> (дата обращения: 17.08.2021).
- СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901860667> (дата обращения: 17.08.2021).
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901865498> (дата обращения: 17.08.2021).
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901859404> (дата обращения: 17.08.2021).
- Хельсинкская декларация Всемирной Медицинской Ассоциации (в редакции 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013).
- ### References
- Vasiliev A.V. [Problems of assessing the combined effect of noise and other physical factors on human health]. *Izvestija Samarskogo naučnogo centra RAN*. V. 14, N 6 (2012): pp. 158-165. (In Russ.).
- GOST 23337-2014 [GOST standard 23337-2014. Noise. Methods of noise measurement in residential areas and in residential and public buildings]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- GOST 24940-2016 [GOST standard 24940-2016. Buildings and structures. Methods of measuring illumination]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200140599> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- GOST 33393-2015 [GOST standard 33393-2015. Buildings and structures. Methods for measuring the coefficient of pulsation of illumination]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200127444> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- Grigoriev Yu.G. *Ėlektromagnitnye polja i zdorov'e čeloveka* [Electromagnetic fields and human health]. Moscow, 2002. 177 p. (In Russ.).
- Kaplin V.N. *Netradicionnaja immunologija infekcij* [Unconventional immunology of infections]. Perm, 1996. 163 p.
- Lanin D.V. [Analysis of co-regulation of the immune and neuroendocrine systems under the influence of risk factors]. *Analiz riska zdorov'ju*. N 1 (2013): pp. 73-81. (In Russ.).
- Lanin D.V., Lebedeva T.M. [The impact of chemical factors of the environment on the functions and relationships of regulatory systems in children]. *Gigiena i sanitarija*. V. 95, N 1 (2016): pp. 94-96. (In Russ.).
- Laptieva L.N., Krikalo I.N. [Problems of electromagnetic safety at school age]. *Vesnik MDPU imja I.P. Sham-jakina*. N 2(46) (2015). (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-elektromagnitnoy-bezopasnosti-v-shkolnom-vozraste> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- Maltsev V.A., Maltsev K.V. [Pandemic and education]. *Naučnye trudy Vol'nogo ėkonomičeskogo obščestva Rossii*. N 4 (2020). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/pandemiya-i-obrazovanie> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- MU № 1844-78 [Methodological guidelines for measuring and hygienic assessment of noise in the workplace]. Access mode: SPS ConsultantPlus. 2021 (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- MUK 4.3.1675-03 [General requirements for monitoring the aeroion composition of air]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200035494> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- Naumenko A.M. [Investigation of electromagnetic radiation from cellular communication systems]. *Vestnik BNTU*. N 4 (2011): pp. 44-47. (In Russ.).
- Naumov A.D. [The influence of electromagnetic radiation on the reproductive function]. *Ochrana materinstva i detstva*. N 2(34) (2019): pp. 58-61. (In Russ.).
- Petryakova O.D., Alekseev I.S. [Aeroion composition of the air environment of the air of the working area on the example of the VUIT educational building]. *Vestnik VUIT*. N 8 (2009). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/aeroionnyy-sostav-vozdushnoy-sredy-vozdushnoy-rabochej-zony-na-primere-uchebnoy-korpora-vuit> (accessed 17.03.2021). (In Russ.).
- Samotrueva M.A., Yasenevskaya A.P., Tsibizova A.A. et al. [Neuroimmunoendocrinology: modern ideas about molecular mechanisms]. *Immunologija*. V. 38, N 1 (2017): pp. 49-59. (In Russ.).
- SanPiN 1.2.3685-21 [SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- SanPiN 2.2.4.3359-16 [SanPiN 2.2.4.3359-16. Sanitary and epidemiological requirements for physical factors in the workplace]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420362948> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- SanPiN 2.2.4.1294-03 [SanPiN 2.2.4.1294-03. Hygienic requirements for the aeroionic composition of the air of industrial and public premises]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901860667> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).
- SanPiN 2.2.2/2.4.1340-03 [SanPiN 2.2.2/2.4.1340-03. Hygienic requirements for personal electronic computers and the organization of work]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901865498> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).

17.08.2021). (In Russ.).
SanPiN 2.2.1/2.1.1.1278-03 [SanPiN 2.2.1/2.1.1.1278-03. Hygienic requirements for natural, artificial and combined lighting of residential and public buildings]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901859404> (accessed 17.08.2021). (In Russ.).

Helsinki Declaration of the World Medical Association (as revised by the 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013). (In Russ.).

Поступила в редакцию 27.08.2021

Об авторах

Ланин Дмитрий Владимирович, доктор медицинских наук, профессор кафедры микробиологии и иммунологии ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» ведущий научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» профессор кафедры иммунологии ГОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера»
ORCID: 0000-0002-1557-0589
614068, Пермь, ул. Букирева, 15; dlan@mail.ru

Лихачев Константин Николаевич, аспирант, врач по общей гигиене ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае»
ORCID: 0000-0002-9135-2858
614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82; doc3000@mail.ru

Долгих Олег Владимирович, доктор медицинских наук, профессор кафедры микробиологии и иммунологии ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» зав. отделом иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
ORCID: 0000-0003-4860-3145
614068, Пермь, ул. Букирева, 15; root@fcrisk.ru; (342)2363930

Сабитова Альбина Альбертовна, студент биологического факультета ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0002-9650-2157
614068, Пермь, ул. Букирева, 15

About the authors

Lanin Dmitry Vladimirovich, doctor of medicine, professor of the Department of microbiology and immunology Perm State University.
Leading researcher of the Department of immunobiological diagnostic methods Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies.
professor of the Department of immunology Perm State Medical University named after E.A. Wagner
ORCID: 0000-0002-1557-0589
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614068; dlan@mail.ru

Likhachev Konstantin Nikolaevich, graduate student, doctor of general hygiene Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies.
Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region
ORCID: 0000-0002-9135-2858
82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045; doc3000@mail.ru

Dolgikh Oleg Vladimirovich, doctor of medicine, Professor of the Department of microbiology and immunology Perm State University.
Head of the Department of immunobiological diagnostic methods Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies
ORCID: 0000-0003-4860-3145
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614068; root@fcrisk.ru

Sabitova Albina Albertovna, student of the faculty of biology Perm State University.
ORCID: 0000-0002-9650-2157
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614068

Информация для цитирования:

Особенности иммунного статуса обучающихся в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы / Д.В. Ланин, К.Н. Лихачев, О.В. Долгих, А.А. Сабитова // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 219–227. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-219-227.

Lanin D.V., Likhachev K.N., Dolgikh O.V., Sabitova A.A. [Features of the immune status of pupils under the influence of heterogeneous physical factors of a non-ionizing nature]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya*. Iss. 3 (2021): pp. 219-227. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-219-227.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ ИХ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ БИОЛОГИЯ»

Редакционная коллегия научного журнала «Вестник Пермского университета. Серия Биология» просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке рукописи к печати.

1. Оформление рукописи

1.1. Статья должна быть представлена в электронном виде (на диске или по электронной почте) и обязательно в виде распечатанной на принтере копии формата А4. Электронная версия записывается в формате Microsoft Word (версии **6.0, 7.0, 97, 2003**) или RTF. Размеры верхнего и нижнего полей – 2.6 см, правого и левого – 2.5 см. Расстояние до верхнего и нижнего колонтитулов – 1.25 см. Шрифт Times New Roman. Межстрочный интервал – одинарный. Абзацный отступ – 0.5 см. При оформлении статьи необходимо различать дефис (-) и тире (–). В качестве знака «минус» надо использовать тире, а в качестве разделителя в десятичных дробях – точку (а не запятую). В тексте статьи использовать кавычки «ёлочка». Переносы в словах делать только в тексте статьи, не допускаются переносы в названии статьи, заголовках всех уровней и названиях таблиц. Страницы должны иметь сквозную нумерацию.

1.2. Статьи без списка процитированной литературы не рассматриваются. Список цитированной литературы должен включать, как правило, не менее 10–15 публикаций. Коэффициент самоцитирования не должен превышать 30%.

1.3. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы автором (авторами). При этом материал должен быть структурирован, изложен ясно и последовательно.

1.4. Рукопись статьи должна быть подписана авторами.

1.5. Объём рукописи статьи (включая таблицы, рисунки, подписи к рисункам, библиографический список) не должен быть более 15 с., для информационных публикаций и рецензий – 1–5 с., кратких сообщений – 1–3 с. Суммарный объём таблиц и рисунков не должен превышать 1/3 объёма статьи.

1.6. Общий порядок расположения частей статьи и их оформление (смотри образец):

- Раздел журнала.

- УДК (размер шрифта 12, курсив).
- Инициалы, фамилия автора (авторов) (размер шрифта 12, полужирный).
- Места работы авторов (размер шрифта 10 пт).
- Название статьи (размер шрифта 14 полужирный, как в предложениях).
- Аннотация (размер шрифта 10, объём 100–200 слов; она должна включать краткую информацию о целях, объекте и методах исследования, краткие результаты и заключение).
- Словосочетание «Ключевые слова» (размер шрифта 10, полужирный курсив), сами ключевые слова (до 8 слов, прямым светлым шрифтом) должны отделяться друг от друга запятой.
- Инициалы, фамилии, места работы авторов, название статьи, её аннотация и ключевые слова на английском языке должны полностью соответствовать шрифтам и объёму на русском языке.
- Текст статьи. В статьях экспериментального характера должны быть выделены разделы: **Введение** (можно без заголовка), **Материалы (или Объект) и методы исследований, Результаты и их обсуждение, Выводы (или Заключение)**. Набор текста статьи производится в одну колонку. Основной текст набирается шрифтом Times New Roman Cug, размер – 10 пт. Латинские названия таксонов (до семейства включительно) должны быть набраны *курсивом* (кроме авторов таксонов). Литературные ссылки даются на фамилии авторов и располагаются в хронологическом порядке.
- Заголовки разделов набрать в левый край, размер шрифта 12, полужирн. строчные. Заголовки подразделов, если таковые есть, набираются в левый край (размер шрифта 10, жирн. курсив).
- Благодарности и финансирование (размер шрифта 10).
- Список литературных источников (размер шрифта 10). Литературные источники в списке приводятся по алфавиту; сначала на кириллице, затем на латинице; нумерация источников сквозная.
- Пристатейный список литературы на латинице (References), помещается сразу за Библиографическим списком, либо вместе с другой англоязычной частью, размещаемой за статьей. Не допускается смешивать русскоязычную и англоязычную

часть в одной ссылке, точно также, как сокращать русскоязычный список литературных источников, перенося все англоязычные ссылки в References. Нумерация источников должна соответствовать русскоязычному списку.

- Поступила в редакцию (дата ставится ответственным редактором выпуска, размер шрифта 10).

- Ф.И.О. автора или всех авторов (полностью, без сокращений), учёная степень, учёное звание и должность каждого автора, название учреждения, где выполнялась работа и его почтовый адрес, **ORCID** (приводят в форме электронного адреса в сети «Интернет»), адрес электронной почты (обязательно, одного из авторов указывают в качестве автора, ответственного за переписку), телефон (размер шрифта 10) (на русском и английском языках). Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов. Этим сведениям предшествуют слова «Вклад авторов:» (“Contribution of the authors:”). После фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи

Оформление формул, рисунков и таблиц. Формулы набираются в редакторе Microsoft Equation с выравниванием по центру и пробелами сверху и снизу по 6 пт (номер формулы, если формул несколько, выравнивается по правому краю колонки). Размеры и начертание всех элементов формул должны быть одинаковыми с их представлением в тексте (основной размер 10 пт, индексы 7 пт, например, A_i). В тексте статьи и в математических уравнениях коэффициенты и аргументы функций набираются *наклонным* шрифтом, векторы – *наклонным жирным* шрифтом, цифры – обычным прямым шрифтом. Если уравнение не входит в одну строку, то его можно разбить на две или более строк. Химические символы и формулы набираются прямым шрифтом.

Таблицы и рисунки нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица и рисунок должны иметь свой заголовок. Надписи и подписи к таблицам и рисункам приводят на языке текста статьи и повторяют на английском языке. Заголовок таблицы обязателен и набирается полужирным строчным, размер шрифта 10 пт; текст таблицы набирается шрифтом размером 10 или 9 пт. Если в заголовке используются латинские названия таксонов, они набираются *курсивом*. Все столбцы должны иметь заголовки. Цифры в столбцах таблицы должны быть выровнены по точке десятичных дробей или по единице младшего разряда. Таблица может сопровождаться примечаниями. Таблицы в альбомном формате не допускаются.

Рисунки следует делать экономно, если они выполнены из отдельных элементов, то должны быть сгруппированы. Подписи к рисункам обязательны и набираются обычным прямым текстом размером шрифта 10 пт; обозначения и примечание к рисунку

– размер шрифта 9 пт. Названия таксонов в подписях даются только по латыни, *курсивом*. Оригиналы рисунков должны представлять собой файлы форматов gif, jpg либо tif. Авторам следует учесть, что в журнале не предусмотрена цветная печать, поэтому рисунки, как правило, должны быть монохромными. За потерю качества при типографской печати цветных оригиналов редакция ответственности не несёт.

Следует избегать прямого импорта диаграмм в электронный оригинал статьи из редактора MS Excel и ему подобных путём копирования и вставки. Не допускается вставка со связью с оригиналом. Данные диаграммы должны быть доработаны автором в графическом редакторе.

При использовании для создания в тексте статьи схем и диаграмм встроенного графического редактора MS Word по окончании работы над изображением обязательно группируйте все его объекты в формате gif, jpg либо tif. Рамки вокруг изображений, в т. ч. диаграмм и легенд диаграмм, не допускаются. Рекомендуется обращать особое внимание на контрастность рисунков во избежание потерь информации при печати. В случае недостаточной контрастности исходных материалов она может быть повышена в графическом редакторе. Следует избегать большого числа цветов (полутонов) на изображении, а также выбора близких тонов заливки рядом расположенных элементов изображения.

Единственный в статье рисунок (*или* единственная таблица) должен иметь только заголовок и не обозначаться как рис. 1 (*или* табл. 1).

Если таблица не помещается на одну страницу, то на следующей странице - «Продолжение (или Окончание) табл. 1».

Сокращения. Разрешаются лишь общепринятые сокращения - названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т.п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных. Названия учреждений при первом упоминании их в тексте даются полностью и сразу же в скобках приводится общепринятое сокращение; при повторных упоминаниях даётся сокращённое название учреждений. *Пример:* Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), повторно – ПГНИУ, в Гербарии ПГНИУ и т.д.

Благодарности. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования научных исследований, если таковые имеются.

Оформление списка литературы. Убедительно просим при оформлении статей руководствоваться новыми правилами. Список литературы должен быть оформлен строго в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Для связи библиографических ссылок с текстом статьи используют идентифицирующие сведения: фамилия автора (авторов) или название публикации, год издания, при необходимости страницу; отсылки в тексте заключают в квадратные скобки [Israeli, Shaffer, Lighthart, 1993, с. 142]. Названия периодических изданий **не сокращаются**. За правильность и полноту предоставления библиографических данных ответственность несёт автор.

Оформление References. Предлагается следующий порядок описания литературного источника:

- авторы (транслитерация);
- [перевод заглавия статьи на английский язык в квадратных скобках];
- название русскоязычного источника (транслитерация);
- [перевод названия источника на английский язык – парафраз (для журналов можно не делать)],
- выходные данные с обозначениями на английском языке;
- указание на язык статьи (In Russ.) после описания статьи.

Например:

Vyzov A.L., Utina I.A. [The centrifugal effects on amacrine cells in the retina of frog]. *Neirofiziologiya*. N 3 (1971): pp. 293-300. (In Russ.).

Это наиболее приемлемая схема, т.к. в ней даётся информация о содержании статьи и полные данные об источнике. Перевод заглавия приведён в квадратных скобках, имея в виду, что английское заглавие не является основным в этой статье.

Подробное руководство по оформлению References помещено на странице (<http://www.psu.ru/nauchnye-zhurnaly/metodicheskie-materialy/oformleniye-spiska-literatury-v-latinitse-references>).

Внимание! Единственным критерием для публикации в журнале «Вестник Пермского университета. Серия Биология» является научный уровень работы, выявляемый при её рецензировании. Журнал не взимает плату за публикацию статей с аспирантов и соискателей учёных степеней.

2. Представление и редакционная подготовка рукописи

Рукопись может быть представлена лично, приложена на почтовый адрес редакции или по электронной почте (vestnik_psu_bio@mail.ru). Рукопись регистрируется при получении ответственным секретарем журнала. К рукописи прикладывается **Лицензионный договор**.

Автором(ами) подписывается договор о согласии на использование статьи в открытой печати. Авторы гарантируют, что статья является оригинальным произведением, ранее не публиковалась, и они обладают исключительными авторскими правами на неё. Форма Лицензионного договора находится на сайте журнала (<http://www.psu.ru/nauchnye-zhurnaly/series-biology>).

Статья аспиранта (без соавторов) должна иметь отзыв научного руководителя.

Вместе со статьей подается ее электронный вариант, названный по фамилии автора(ов), например, Иванов, Петров, Сидоров.doc. Для литературного и технического редактирования представляется печатный вариант статьи со всеми необходимыми элементами, с текстом, размещенным в одну колонку, отпечатанный 12 размером шрифта с межстрочным интервалом 1.5.

Рукопись должна быть тщательно выверена, отредактирована и подписана автором(ами).

После получения редакцией статьи, она направляется на рецензирование. При наличии замечаний к рукописи она отсылается автору (авторам) на доработку. Доработанный вариант статьи автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром не позднее чем через неделю после получения замечаний. В случае невозвращения рукописи автором в редакцию по истечении этого срока или необходимости более двух доработок, первоначальная дата её регистрации аннулируется. Датой поступления считается день получения окончательного варианта статьи.

Рукописи рассматриваются в порядке их поступления в течение 1–6 месяцев в зависимости от сложности ситуации и объема работы.

В редакционно-издательский отдел рукописи статей сдает ответственный редактор. После редакционной правки рукопись при необходимости возвращается автору для согласования (срок – не более 2 дней). После исправления всех замечаний автор подписывает статью к печати.

Для правильного оформления статьи используйте электронную форму настоящих правил последнего выпуска, выложенного на сайте журнала.

Редакционная коллегия

БОТАНИКА

УДК 581.9

И. И. Иванов¹, П. П. Петров², С. С. Сидоров³

¹✉ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Московский государственный университет, Москва, Россия

³ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь, Россия

Название статьи

Аннотация. В аннотации (реферате) отражается основное содержание статьи. Аннотация должна содержать 100–200 слов. Например: определён показатель жизнеспособности лиофилизированных культур *Rhodococcus* ssp. после длительного хранения, достаточный для восстановления клеточной популяции. Консервацию алканотрофных родококков рекомендовано производить в условиях предварительного их культивирования на питательных средах. Ключевых слов или словосочетаний должно быть не более 8; они должны отделяться друг от друга точкой с запятой.

Ключевые слова: оформление, статья, правила

Благодарности. Финансирование: текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

I. I. Ivanov¹, P. P. Petrov², S. S. Sidorov³

¹✉ Perm State University, Perm, Russian Federation

² Moscow State University, Moscow, Russian Federation

³ Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms of the Ural Branch RAS, Perm, Russian Federation

The title of the article

Viability level necessary to recover cell populations upon long-term storage was measured. It is recommended to preserve alkanotrophic rhodococci pre-cultivated on nutrient hydrocarbon-containing media. The duration of rhodococci storage could be increased using protectants. The most effective lyoprotectants are shown to be a sucrose-gelatine agar or gelatine agar supplemented with *Rhodococcus*-biosurfactants.

Key words: actinobacteria, *Rhodococcus*, biosurfactants

Acknowledgments: text. Text. Text. Text. Text. Text. Text. Text.

Введение

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст [Автор, Автор, Автор, 2012; Автор, 2014].

Текст. Текст. Текст [Автор, Автор, Автор, 1992; Автор, 2001]. Текст. Текст.

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

Материал и методы исследования

Материал

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

Методы исследования

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст [Автор, Автор, Автор, 1999; Author, 2012].

Текст. Текст. Текст [Author, Author, 1992; Автор, 2000]. Текст. Текст.

Результаты и их обсуждение

Текст. Текст. Текст. Текст (рис. 1). Текст. Текст. Текст.
 Текст. Текст. Текст (рис. 2, табл. 1). Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.
 Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст (формула 1)

$$a = \text{th } x + \int_a^b f(x)dx + \text{ch } x - 25 \sum_{i=1}^N k_i A_i . \quad (1)$$

где текст, текст, текст.

Текст. Текст. Текст. Текст (табл. 2). Текст. Текст. Текст. Текст.
 Текст. Текст. Текст. Текст (табл. 2). Текст. Текст. Текст. Текст.
 Текст. Текст. Текст [Author, 2010]. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

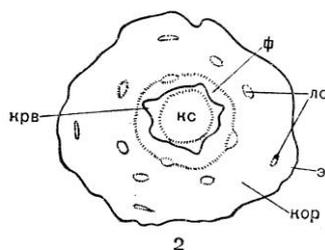


Рис. 1. Название рисунка:

кор – название, крв – название, кс – название, лс – название, ф – название, э – название

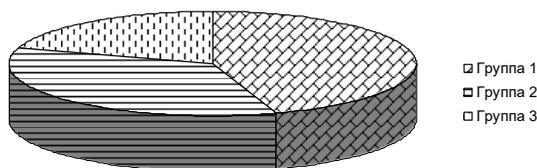


Рис. 2. Название рисунка:

1 – Группа 1 – название, 2 – Группа 2 – название, 3 – Группа 3 – название

Таблица 1

Пример оформления таблицы и заголовка к ней для объекта X

Область оценки	Дисперсия сигнала (D)	v (МГц)	Среднее
А	79	8.91*	5.6
Б	170	13.0	208.0
В	165	12.8	124.05

*Текст примечания.

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

Выводы

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.

Библиографический список

1. Автор И.О. Заголовок // Источник. Год публикации. Том, номер. Страницы.
2. Автор И.О., Автор И.О. Заголовок // Источник. Год публикации. Том, номер. Страницы.
3. Заголовок / Автор И.О. и др. // Источник. Место публикации, год публикации. Страницы.
4. Author N., Author N. Title // Place of publication. Year Published. Volume Number, Issue Number. Page Numbers.
5. Author N. Title // Place of publication, Year Published. Page Numbers.
6. Title // Place of publication, Year Published. Page Numbers.

References

1. Last Name, First Name. *Title of Book*. Publisher City: Publisher Name, Year Published. Page Numbers.
2. Last Name, First Name. [Title] *Journal Name* Volume Number, Issue Number (Year Published): Page Numbers. (In Russ.).
3. Last Name, First Name. [Title] *Journal Name* Volume Number, Issue Number (Year Published): Page Numbers.
4. Last Name, First Name. *Title of Book*. Publisher City: Publisher Name, Year Published. Page Numbers. (In Russ.).
- ...

Об авторах

Иванов Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой гистологии ФГБОУВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: <https://orcid.org/XXXX-XXXX-XXXX-XXXX>
614990, Пермь, ул. Букирева, 15;
ivanovii@mail.ru; (342)2396233

Петров Петр Петрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры органической химии ФГБОУВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
ORCID: <https://orcid.org/XXXX-XXXX-XXXX-XXXX>
119991, Москва, Ленинские горы, 123;
PPetrov@yandex.ru; (095)3764812

Сидоров Семен Семенович, инженер лаборатории адаптации микроорганизмов ФГБУН Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН
ORCID: <https://orcid.org/XXXX-XXXX-XXXX-XXXX>
614081, Пермь, ул. Голева, 13; Sid709@iegm.ru;
(342)2876328

Вклад авторов:

Иванов И. И. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; написание исходного текста; итоговые выводы.

Петров П. П. – доработка текста; итоговые выводы.

Сидоров С. С. – статистическая обработка материала.

Contribution of the authors:

Ivanov I. I. – scientific management; research concept; methodology development; writing the draft; final conclusions.

Petrov P.P. – followon revision of the text; final conclusions.

Sidorov S. S. – statistical processing of the material.

Поступила в редакцию 00.00.202_
About the authors

Ivanov Ivan Ivanovich, doctor of biology, professor, head of the Department of histology Perm State University
ORCID: <https://orcid.org/XXXX-XXXX-XXXX-XXXX>
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;
ivanovii@mail.ru; (342)2396233

Petrov Petr Petrovich, candidate of biology, associate professor of the Department of organic chemistry Lomonosov Moscow State University
ORCID: <https://orcid.org/XXXX-XXXX-XXXX-XXXX>
123, Leninskije gory str., Moscow, Russia, 119991;
PPetrov@yandex.ru; (095)3764812

Sidorov Semyon Semyonovich, engineer of the laboratory of microbial adaptation Institute of Ecology and Genetics of Microorganism UB RAS
ORCID: <https://orcid.org/XXXX-XXXX-XXXX-XXXX>
13, Golev str., Perm, Russia, 614081;
Sid709@iegm.ru; (342)2876328

Вестник Пермского университета
БИОЛОГИЯ
2021. Выпуск 3

Bulletin of Perm University
BIOLOGY
2021. Issue 3

Научное издание

Редактор *Л. Л. Савенкова*

Корректор *Л. Л. Соболева*

Компьютерная верстка *С. А. Овеснова*

Подписано в печать 21.10.2021. Выход в свет 30.11.2021. Формат 60×84^{1/8}.
Усл. печ. л. 10,46. Тираж 500 экз. Заказ № 221/2021.

Издательский центр Пермского государственного национального исследовательского
университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии издательства «Книжный формат»
614000, г. Пермь, ул. Пушкина, 80

Бесплатно.

Подписной индекс журнала в каталоге ОАО «Пресса России. Том 1. Газеты и журналы» 41000