

7. Miren del Rio, Rafael Calama, Isabel Cannellas, Sonia Roig, Gregorio Montero. Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands // *Annals of Forest Science*. – 2008. – Vol. 65 (3). – P. 308-308.

8. Gorchakovskii P.L. Lesnye oazisy Kazakhskogo melkosopochnika. – M.: Nauka, 1987. – 158 s.

9. Lesoustroitel'nyi proekt Bayanaul'skogo gosudarstvennogo natsional'nogo prirodnogo parka Pavlodarskoi oblasti. Tom I. Poyasnitel'naya zapiska. 2006. – 182 s.

10. Dancheva A.V., Zalesov S.V. Ekologicheskii monitoring lesnykh nasazhdenii rekreatsionnogo naznacheniya: uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2015. – 152 s.

11. Alekseev V.A. Diagnostika povrezhdenii derev'ev i drevostoev pri atmosferom zagryaznenii i otsenka ikh zhiznennogo sostoyaniya // *Lesnye ekosistemy i atmosfernoe zagryaznenie*. – L.: Nauka, 1990. – S. 38-53.

12. Gustova A.I., Terekhina D.K. Otsenka gidrofizicheskikh kharakteristik drevesiny dlya obosnovaniya lesovodstvennykh ukhodov v zashchitnom lesorazvedenii // *Agrarnyi vestnik Urala*. – 2007. – № 5 (41). – S. 55-59.

13. Iskakov S.I., Zhorabekova Zh.T., Elemesov M.M. Sovremennoe sostoyanie iskusstvennykh sosnovykh nasazhdenii v lentochnykh borakh Priirtysh'ya // *Razvitie «ze-*

lenoi ekonomiki» i sokhranenie biologicheskogo raznoobraziya: *Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – Shchuchinsk, 2013. – S. 117-123.

14. Shevelina I.V., Korostelev I.F., Plotnikova O.A., Roslyakov A.N., Grigor'ev V.V. Taksatsionnye osobennosti sosnovykh drevostoev razlichnykh stadii rekreatsionnoi digressii // *Izv. vuzov. Lesn. zhurn.* – 2010. – № 5. – S. 30-35.

15. Shul'ga V.D., Gustova A.I., Terekhina D.K. Obosnovanie obligatnosti intensivnykh lesovodstvennykh ukhodov dlya rekreatsionnykh drevostoev aridnoi zony // *Aridnye ekosistemy*. – 2007. – Tom 13. – № 33-34. – S. 81-88.

16. Minin N.S., Zakharov A.Yu. Rost sosnyakov iskusstvennogo proiskhozhdeniya pod vliyaniem rubok ukhoda / *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2013. – № 6. – S. 60-64.

17. Chibisov G.A., Nefedova A.I. Ekologicheskaya effektivnost' rubok ukhoda za lesom // *Izv. vuzov. Lesn. zhurn.* – 2003. – № 5. – S. 11-17.

*Работа выполнена в рамках бюджетной программы 212 Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по теме: «Разработать эколого-лесоводственные основы рационального лесопользования сосновых насаждений, принципы и методы оптимизации развития».*



УДК 574.24

**Е.А. Жук, Г.В. Васильева**  
**Ye.A. Zhuk, G.V. Vasilyeva**

### **МУТАЦИОННЫЕ «ВЕДЬМИНЫ МЕТЛЫ» У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

#### **MUTATIONAL WITCHES' BROOMS IN SCOTS PINE FOREST CULTURES IN THE ALTAI REGION**

**Ключевые слова:** соматическая мутация, ведьмина метла, *Pinus sylvestris*, мутагены, биоиндикатор, лесные культуры, антропогенное загрязнение.

Установлена частота встречаемости мутационных «ведьминых метел» у сосны обыкновенной в лесных культурах Павловского лесничества Алтайского края. Частота встречаемости составляла 1 на 152 дерева, а приблизительный возраст «ведьминых метел» – от 15 до 80 лет. Средняя частота встречаемости мутационных «ведьминых метел» у сосны обыкновенной в других районах около 1 на 5000-10000 деревьев. Конкретные причины повышенной частоты их образования невозможно идентифицировать, т.к. частота встречаемости «ведьминых метел» может использоваться только

как косвенный критерий загрязнения территории в дополнение к другим методам биондикации. Вероятным источником загрязнения данной территории является Семипалатинский ядерный полигон, однако для проверки этой гипотезы требуются дополнительные наблюдения.

**Keywords:** somatic mutation, witches' broom, *Pinus sylvestris*, mutagens, bioindicator, forest cultures, anthropogenic pollution.

The occurrence of mutational witches' brooms in Scots pine forest cultures in the Pavlovskoye Forestry, the Altai Region, was found. The occurrence was 1 per 152 trees, and the approximate age of witches' brooms was from 15 to 80 years. The average frequency of mutational witches' brooms in Scots

pine in other areas was 1 per 5000-10000 trees. The specific causes of the increased formation frequency are impossible to identify because the occurrence of witches' brooms may be used as just indirect criterion for pollution of the territory in addition to other

bioindication methods. A possible source of pollution in this area is the Semipalatinsk Nuclear Test Site; however, further observations are required to test this hypothesis.

**Жук Евгения Анатольевна**, к.б.н., н.с., Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск. Тел.: (382) 249-19-07. E-mail: eazhuk@yandex.ru.

**Васильева Галина Валериевна**, к.б.н., н.с., Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск. Тел.: (382) 249-19-07. E-mail: galina\_biology@mail.ru.

**Zhuk Yevgeniya Anatolyevna**, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch, Rus. Acad. of Sci., Tomsk. Ph.: (382) 249-19-07. E-mail: eazhuk@yandex.ru.

**Vasilyeva Galina Valeriyevna**, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch, Rus. Acad. of Sci., Tomsk. Ph.: (382) 249-19-07. E-mail: galina\_biology@mail.ru.

### Введение

Ведьмины метлы (ВМ) – это фрагменты кроны дерева с аномально густым ветвлением и замедленным ростом побегов, которые качественно отличаются от нормальной кроны. Есть два принципиально разных типа ВМ: патологические и непатологические. Патологические ВМ обычно имеют очаговый характер распространения, болезненный внешний вид, угнетенную репродукцию и небольшую продолжительность жизни. Причиной образования патологических ВМ может быть заражение дерева грибами [1] и микроорганизмами [2].

Непатологические ВМ имеют спорадическое распространение, здоровый внешний вид, нормальную репродукцию и большую продолжительность жизни [3 и др.]. Причиной образования таких ВМ считается соматическая мутация, предположительно происходящая в апикальной меристеме одной единственной почки [4, 5], доказательством этого служит расщепление семенного потомства ВМ на два дискретных класса: карликовые и нормальные сеянцы [5, 6]. Доля карликовых сеянцев в семенном потомстве ВМ от свободного опыления у видов р. *Pinus* варьирует в широких пределах – от 30 до 100% [7, 8], однако большинство авторов приводят расщепление 1:1, что свидетельствует о доминантном характере этой мутации [6]. Повышение частоты встречаемости ВМ может говорить о постоянных либо периодически возникающих неблагоприятных условиях, способствующих повышению частоты этого типа мутаций у деревьев, поэтому ранее было предложено использовать ВМ в качестве критерия при фитоиндикационной оценке мутационного загрязнения среды [9, 10].

**Целью** работы было определить частоту встречаемости ВМ в лесных культурах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Алтайском крае.

### Материалы и методы

Объектом исследования послужили лесные культуры сосны обыкновенной в Павловском лесничестве Алтайского края. Возраст культур был от 76 до 106 лет.

В сентябре 2015 г. был проведен учет ВМ на маршруте протяженностью 12 км. Насаживание просматривалось приблизительно на 50 м вглубь леса по обе стороны от маршрута. Если учесть расстояние между деревьями, всего было осмотрено приблизительно 12000 деревьев. Учитывались видимые невооруженным глазом ВМ, т.е. их наименьший диаметр был приблизительно 20-30 см, что означает возраст не менее 15-20 лет. Для возможности сравнения в результатами других авторов рассчитывали примерную встречаемость ВМ на 10 тыс. деревьев. Приблизительный диаметр ВМ определяли на глаз.

### Результаты и их обсуждение

Всего на маршруте было встречено 79 ВМ. Следовательно, встречаемость ВМ была 1/152 деревьев, т.е. почти на 0,66% деревьев сформировалась мутационная ВМ. Т.к. учитывались только те ВМ, которые были видимы невооруженным глазом, реальная частота образования ВМ должна быть больше. ВМ встречались во всех частях кроны, но наиболее часто (более 70%) – в средней части кроны дерева. Диаметр ВМ составлял от 0,2 до 2 м, встречался полный спектр ВМ в этих пределах, т.е. их приблизительный возраст составлял от 15 до 80 лет.

Обычная частота встречаемости ВМ у сосны обыкновенной около 1 на 5000-10000 деревьев (0,01-0,02%), при этом они образуются в лесах разного типа, возраста и состава [8, 11]. Однако в некоторых районах частота их встречаемости сильно повышена, вплоть до 5%, например, в ленточных борах Казахстана [12]. Также есть свидетельства увеличения частоты возникновения ВМ в

сосняках европейской части России, испытывающих антропогенное воздействие [13]. Какова же причина повышенной частоты образования ВМ в исследованных лесных культурах?

Известно, что при повышении загрязненности среды радионуклидами, тяжелыми металлами и другими мутагенами частота встречаемости соматических мутаций у растений увеличивается [14]. В основном мутации обнаруживаются при специальных инструментальных исследованиях, однако ВМ можно легко обнаружить невооруженным взглядом. При этом долговечность мутационных ВМ позволяет получать информацию одновременно за несколько десятков лет. О пригодности ВМ в качестве биоиндикатора свидетельствует тот факт, что частота встречаемости ВМ увеличивается при повышении загрязнения атмосферного воздуха промышленными и автомобильными газами, в частности, рядом с загруженными автомобильными дорогами, что было показано на берёзовых и липовых насаждениях придорожной полосы Московской кольцевой автодороги, в национальном парке «Лосиный остров» [9, 15] и в сосновом бору в окрестностях г. Улан-Удэ, рядом с автодорогой М55 [16].

Лесные культуры Павловского лесничества Алтайского края расположены вдали от загруженных транспортных артерий региона и не имеют в непосредственной близости источников возможного техногенного загрязнения. Поэтому причина такой огромной частоты встречаемости ВМ на данном участке не очевидна. Так как практически невозможно идентифицировать конкретные факторы, приводящие к повышению частоты мутаций, частота встречаемости ВМ может использоваться только как косвенный критерий в дополнение к различным методам биондикации [10]. Возможно, образование большей части ВМ в лесных культурах Павловского лесничества вызвано другими факторами. Наиболее известным источником вероятного загрязнения данной территории является Семипалатинский ядерный полигон [17]. Вся южная часть Сибири была расположена по наиболее вероятному направлению ветров со стороны полигона, при этом Алтайский край и еще девять регионов Сибири находились в зоне радиоактивных выпадений после ядерных испытаний [18]. Ранее было обнаружено увеличение числа структурных аномалий у сосны обыкновенной в ленточных борах Алтая, и хотя прямой связи между воздействием радиации и развитием новообразований обнаружено не было, все же было установлено, что в первые два года после выпадения продуктов ядерного распада от взрыва 1949 г. частота возникновения микроструктурных аномалий в ствольной древесине сосны резко

возрастала [19]. Для проверки гипотезы о том, что повышенная встречаемость ВМ может служить индикатором того же влияния, требуются дополнительные наблюдения.

### Заключение

Таким образом, была установлена частота встречаемости мутационных «ведьминых метел» у сосны обыкновенной в лесных культурах Павловского лесничества Алтайского края. Частота встречаемости почти в 33 раза превышала среднюю частоту встречаемости в большинстве других исследованных районов произрастания этого вида. Приблизительный возраст «ведьминых метел» составлял от 15 до 80 лет. Конкретные причины повышенной частоты их образования невозможно идентифицировать, т.к. частота встречаемости «ведьминых метел» может использоваться только как косвенный критерий загрязнения территории в дополнение к другим методам биондикации, но можно предположить, что вероятным источником загрязнения данной территории являлся Семипалатинский ядерный полигон.

### Библиографический список

1. Peterson R.S. Effects of broom rusts on spruce and fir // USDA Forest Service. – 1963. – Research Paper INT-7.
2. Ghosh D., Das A., Singh S., Singh S., Ahlawat Y. Association of a phytoplasma with witches' broom, a new disease of acid lime (*Citrus aurantifolia*) // Current Science. – 1999. – Vol. 77. – P. 174-177.
3. Fordham A.J. Dwarf conifers from witches'-brooms // Arnoldia. – 1967. – Vol. 24. – P. 29-50.
4. Duffield J., Wheat J. Dwarf seedlings from broomed douglas-fir // Silvae Genetica. – 1963. – Vol. 12. – P. 129-133.
5. Grasso V. Dwarf seedlings from witches' brooms of *Pinus halepensis* // Italia forestale e montana. – 1969. – Vol. 24. – P. 241-245.
6. Johnson A.G., Pauley S.S., Cromell W.H. Pine dwarf segregates from witches'-brooms // Proceedings of the International Plant Propagators' Society. – 1968. – Vol. 18. – P. 265-270.
7. Самофал С.А. Мутация почек сосны обыкновенной // Научные записки Воронежского лесотехнического института. – 1940. – Т. 6. – С. 28-34.
8. Хиров А.А. О «ведьминой метле» на сосне // Ботанический журнал. – 1973. – Т. 58 (3). – С. 433-436.
9. Щербинина А.А. Проявление аномального роста у древесных растений в зоне влияния крупных автомагистралей [В условиях национального парка «Лосиный остров», Московская область]: автореф. дис. ...канд.

биол. наук: 03.00.16. – М.: МГУЛ, 2004. – 20 с.

10. Ямбуров М.С. «Ведьмины метлы» мутационного типа как возможный тест-критерий при фитоиндикационной оценке мутагенного загрязнения среды // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Томск: STT, 2005. – С. 213-214.

11. Носков В.И., Негруцкий С.Ф. К вопросу о происхождении ведьминых метел на сосне // Научные записки Воронежского лесотехнического института. – 1956. – Т. 15. – С. 207-210.

12. Шульга В.В. Внутривидовая изменчивость сосны обыкновенной в Казахстане и ее значение в семеноводстве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1972. – 25 с.

13. Коровин В.В., Новицкая Л.Л., Курнов Г.А. Структурные аномалии стебля древесных растений. – 2-е изд., испр. и доп. – М., 2003. – 280 с.

14. Гераськин С.А., Удалова А.А., Дикарева Н.С., Мозолин Е.М., Черноног Е.В., Прыткова Ю.С., Дикарев В.Г., Новикова Т.А. Биологические эффекты хронического облучения в популяциях растений // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50 (4). – С. 374-382.

15. Щербинина А.А. Тератологические изменения древесных растений в условиях промышленного загрязнения среды [Изучение влияния МКАД на характер ветвления деревьев придорожной полосы на территории национального парка «Лосиный остров»] // Научные труды МГУЛ. – 2004. – Вып. 325. – С. 168-171.

16. Ямбуров М.С. Влияние эмиссии выхлопных газов автотранспорта на образование «ведьминых метел» мутационного типа у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Матер. V Междунар. симпозиума «Контроль и реабилитация окружающей среды». – Томск, 2006. – С. 86-88.

17. Шойхет Я.Н., Лоборев В.М., Киселев В.И., Лагутин А.А. и др. Зоны Алтайского края, подвергшиеся радиационному воздействию при ядерных испытаниях на Семипалатинском полигоне // Вестник научной программы «Семипалатинский полигон – Алтай». – 1996. – № 2. – С. 7-45.

18. Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Черняго Б.П. Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь (опыт многолетних исследований по Восточной и Средней Сибири и сопоставление результатов с материалами по Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 6. – С. 1055-1071.

19. Коровин В.В. Аномальные, предположительно мутантные, изменения морфологии

сосны обыкновенной в ленточных борах Алтая // Генетика и селекция – на службе лесу: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 1997. – С. 19-21.

#### References

1. Peterson R.S. Effects of broom rusts on spruce and fir // USDA Forest Service. – 1963. – Research Paper INT-7.

2. Ghosh D., Das A., Singh S., Singh S., Ahlawat Y. Association of a phytoplasma with witches' broom, a new disease of acid lime (*Citrus aurantifolia*) // Current Science. – 1999. – Vol. 77. – P. 174-177.

3. Fordham A.J. Dwarf conifers from witches' brooms // *Arnoldia*. – 1967. – Vol. 24. – P. 29-50.

4. Duffield J., Wheat J. Dwarf seedlings from broomed douglas-fir // *Silvae Genetica*. – 1963. – Vol. 12. – P. 129-133.

5. Grasso V. Dwarf seedlings from witches' brooms of *Pinus halepensis* // *Italia forestale e montana*. – 1969. – Vol. 24. – P. 241-245.

6. Johnson A.G., Pauley S.S., Cromell W.H. Pine dwarf segregates from witches' brooms // *Proceedings of the International Plant Propagators' Society*. – 1968. – Vol. 18. – P. 265-270.

7. Samofal S.A. Mutatsiya pochek sosny obyknovennoi // *Nauchnye zapiski Voronezhskogo lesotekhnicheskogo instituta*. – 1940. – Т. 6. – С. 28-34.

8. Khirov A.A. О "ved'minoi metle" na sosne // *Botanicheskii zhurnal*. – 1973. – Т. 58 (3). – С. 433-436.

9. Shcherbinina A.A. Proyavlenie anomal'nogo rosta u drevesnykh rastenii v zone vliyaniya krupnykh avtomagistrali [V usloviyakh natsional'nogo parka «Losinyi ostrov», Moskovskaya oblast']: avtoref. dis. ...kand. biol. nauk: 03.00.16. – М.: MGUL, 2004. – 20 с.

10. Yamburov M.S. «Ved'miny metly» mutatsionnogo tipa kak vozmozhnyi test-kriterii pri fitoindikatsionnoi otsenke mutagennoho zagryazneniya sredy // *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Lesopol'zovanie, ekologiya i okhrana lesov: fundamental'nye i prikladnye aspekty"*. – Tomsk: STT, 2005. – С. 213-214.

11. Noskov V.I., Negrutskiy S.F. K voprosu o proiskhozhdenii ved'minykh metel na sosne // *Nauchnye zapiski Voronezhskogo lesotekhnicheskogo instituta*. – 1956. – Т. 15. – С. 207-210.

12. Shul'ga V.V. Vnutrividovaya izmenchivost' sosny obyknovennoi v Kazakhstane i ee znachenie v semenovodstve: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. n. – Sverdlovsk, 1972. – 25 с.

13. Kоровин V.V., Novitskaya L.L., Kurnosov G.A. Strukturnye anomalii steblya drevesnykh rastenii. 2-e izd., ispr. i dop. – М., 2003. – 280 с.

14. Geras'kin S.A., Udalova A.A., Dikareva N.S., Mozolin E.M., Chernonog E.V., Prytkova Yu.S., Dikarev V.G., Novikova T.A. Biologicheskie efekty khronicheskogo oblucheniya v populyatsiyakh rastenii // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. – 2010. – T. 50 (4). – S. 374-382.

15. Shcherbinina A.A. Teratologicheskie izmeneniya drevesnykh rastenii v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya sredy [Izuchenie vliyaniya MKAD na kharakter vetvleniya derev'ev pridorozhnoi polosy na territorii natsional'nogo parka «Losinyi ostrov»] // Nauchnye trudy MGUL. – 2004. – Vyp. 325. – S.168-171.

16. Yamburov M.S. Vliyaniye emissii vykhlopnykh gazov avtotransporta na obrazovanie «ved'minykh metel» mutatsionnogo tipa u sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) // Materialy V Mezhdunarodnogo simpoziuma «Kontrol' i reabilitatsiya okruzhayushchei sredy». – Tomsk, 2006. – S. 86-88.

17. Shoikhet Ya.N., Loborev V.M., Kiselev V.I., Lagutin A.A. i dr. Zony Altaiskogo kraya, podverghiesya radiatsionnomu vozdeistviyu pri yadernykh ispytaniyakh na Semipalatinskom poligone // Vestnik nauchnoi programmy «Semipalatinskii poligon – Altai». – 1996. – № 2. – S. 7-45.

18. Medvedev V.I., Korshunov L.G., Chernyago B.P. Radiatsionnoe vozdeistvie Semipalatinskogo yadernogo poligona na Yuzhnyu Sibir' (opyt mnogoletnikh issledovaniy po Vostochnoi i Srednei Sibiri i sopostavlenie rezul'tatov s materialami po Zapadnoi Sibiri) // Sibirskii ekologicheskii zhurnal. – 2005. – № 6. – S. 1055-1071.

19. Korovin V.V. Anomal'nye, predpolozhitel'no mutantnye, izmeneniya morfologii sosny obyknovnoy v lentochnykh borakh Altaya // Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Genetika i selektsiya – na sluzhbe lesu". – Voronezh, 1997. – S. 19-21.



УДК 630.165

**М.М. Андропова, Р.С. Хамитов**  
M.M. Andronova, R.S. Khamitov

**БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ШИШЕК КЕДРА СИБИРСКОГО В СВЯЗИ С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ  
ПО ФОРМЕ АПОФИЗА В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ**

**BIOMETRIC PECULIARITIES OF SIBERIAN PINE CONES ACCORDING  
TO APOPHYSIS FORM UNDER INTRODUCTION CONDITIONS**

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, лесные культуры, интродукция, Вологодская область, кедровые рощи, изменчивость, шишки, семена, тип апофиза семенной чешуи, селекция.

Сосна кедровая сибирская благодаря своим орехоносным свойствам длительное время успешно интродуцируется в Северо-Западном регионе России. Одним из старейших насаждений этого интродуцента является Чагринская, расположенная в Грязовецком районе Вологодской области. Семенной материал этой кедровой рощи был использован при создании ряда интродукционных насаждений. Примером такой дочерней

популяции служит кедровая роща в г. Грязовец, которая была заложена в 1966 г. Как и у многих видов рода *Pinus*, у сосны кедровой сибирской выражено варьирование формы апофиза семенной чешуи (плоский, бугорчатый и крючковатый). Имеются сведения об адаптивном значении данной изменчивости. Представляется актуальным выявление ценных морфологических форм кедрового по типу апофиза семенной чешуи для осуществления селекции по признакам структуры урожая. Исследования проведены с целью выявления устойчивости отличий биометрических параметров шишек разных морфологических форм по типу апофиза семенной чешуи в материнской (Чагринской) и дочерней (Грязовецкой) популяции.