

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Родин А.Р., Калашникова Е.А. <i>Биолого-теоретический анализ способов обескрыливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород</i>	6
Есякова О.А., Степень Р.А. <i>Разработка волюмометрического метода измерения объема хвои при биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха</i>	11
Хабарова Е.П., Феклистов П.А., Кошелева А.Е. <i>Содержание минеральных элементов в отмирающей хвое сосны на осушенных площадях</i>	15
Наквасина Е.Н., Пучнина Л.В., Васильев А.В. <i>Почвенная приуроченность произрастания редких растений в Пинежском государственном заповеднике</i>	21
Бахмет О.Н. <i>Состав органического вещества и его запасы в почвах Карелии, сформировавшихся на коренных породах</i>	28
Феклистов П.А., Клевцов Д.Н., Кунников Ф.А. <i>Продуктивность сосняков северной подзоны тайги Архангельской области</i>	34
Зайцев А.И., Сурсо М.В. <i>Сравнительное морфолого-анатомическое изучение строения древесины можжевельников обыкновенного и сибирского</i>	38
Данчева А.В., Залесов С.В., Муканов Б.М. <i>Влияние рекреационных нагрузок на биометрические параметры ассимиляционного аппарата сосновых древостоев</i>	44
Обыдёнников В.И., Титов А.П., Лебедько В.В. <i>Состояние поверхности почвы и живого напочвенного покрова в рекреационных лесах НП «Лосиный остров»</i>	51
Карташова Е.Р., Фитискина Н.В., Олескин А.В. <i>Полифункциональность воздействия экотола на древесные саженцы</i>	58
Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Васильев С.Б. <i>Предпосевная обработка семян сосны обыкновенной и сосны Банкса низкочастотным электромагнитным полем и удобрением «Экстрасол»</i>	65
Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Дроздов И.И. <i>Приемы интенсивной агротехники при посеве семян хвойных видов</i>	69
Чижов Б.Е., Горшкова В.В., Николаев А.И. <i>Предложения в правила ухода за лесами</i>	74
Желдак В.И., Сидоренков В.М., Дорощенко Э.В., Степанова С.К. <i>Нормативно-правовое регламентирование ухода за лесами и его совершенствование</i>	80
Деревообработка и химические технологии	
Агеев С.П., Мелехов В.И., Рыкунин С.Н. <i>Вероятностное моделирование процесса производства пилопродукции</i>	89

Сафин Р.Р., Мухаметзянов Ш.Р., Кайнов П.А., Шаяхметова А.Х. <i>Методика расчета установки вакуумно-кондуктивной сушки пиломатериалов с использованием теплового насоса</i>	96
Косарин А.А., Курышов Г.Н. <i>Импульсная сушка соснового бруса</i>	103
Алешина Л.А., Михайлина А.А., Луговская Л.А. <i>Структура хвойной беленой целлюлозы в различных состояниях</i>	107

Математическое моделирование

Туманов М.П., Абдуллин С.Р. <i>Моделирование нелинейной системы маршрутизации (AQM) в Ethernet</i>	115
Бурков В.Д., Харитонов Н.А., Демин А.Н. <i>Исследование путей снижения температурной погрешности однопроходного волоконно-оптического датчика электрического тока на основе оптически активных кристаллов с кубической симметрией $Bi_{12}SiO_{20}$ и $Bi_{12}GeO_{20}$</i>	121
Ефремова М.Ю., Крюков П.В., Галактионов А.Ю. <i>Численный расчет аэродинамических характеристик сферического тела с протоком при дозвуковых скоростях</i>	129
Ильющенко И.С., Ильющенко Л.А. <i>Построение алгоритма управления возвращаемого аппарата пилотируемого транспортного корабля при посадке на посадочной твердотопливной двигательной установке</i>	136
Северский С.И., Малышева Н.В., Пьянков И.Б. <i>Проблемы внедрения информационно-коммуникационных технологий в лесное хозяйство и комплексные решения</i>	144

Экономика

Третьяков А.Г. <i>Лесная рента и экономическая доступность лесных ресурсов: методологические аспекты</i>	153
---	-----

Филология

Косарина А.А., Федотова А.Е. <i>Особенности семантической стратегии образования терминов на примере политической терминологии</i>	161
--	-----

Образование

Умаров М.К., Новиков А.А., Крупник Е.Я., Сафошин А.В., Тарычев Н.А., Умаров М.М. <i>Интерактивный полигон как необходимое условие повышения потенциала предельных возможностей спортсменов в единоборствах</i>	166
Клычков К.Е., Петров А.Ю., Чернова Н.Ю. <i>Мотивы формирования спортивной деятельности в высшем учебном заведении</i>	174
Клычков К.Е., Петров Ю.Н., Чернова Н.Ю. <i>Некоторые аспекты мотивации обучающихся к спортивной деятельности по атлетической гимнастике</i>	179

CONTENTS

Forestry

Rodin A.R., Kalashnikova E.A. <i>Biology and theoretical analysis of the seed wings severing methods of small-seeded conifers</i>	6
Esyakova O.A., Stepen' R.A. <i>Volumetric method development of measuring the needles volume in bioindication air pollution</i>	11
Habarova E.P., Feklistov P.A., Kosheleva A.E. <i>Contents of mineral elements in the dying off needles of scotch pine on drained areas</i>	15
Nakvasina E.N., Puchnina L.V., Vasil'ev A.V. <i>Soil timed of rare plant growing in the Pinezhsky State reserve</i>	21
Bakhmet O.N. <i>Organic matter composition and stock in soils over different types of bedrock in Karelia</i>	28
Feklistov P.A., Klevtsov D.N., Kunnikov F.A. <i>Productivity of the pine forests of north taiga sub-zone</i>	34
Zaytsev A.I., Surso M.V. <i>Comparative morphological and anatomical studying of the structure of wood of juniper common and juniper Siberian</i>	38
Dancheva A.V., Zalesov S.V., Mukanov B.M. <i>Influence of recreational loads on biometrics of assimilation apparatus of pine stands</i>	44
Obydennikov V.I., Titov A.P., Lebedko V.V. <i>The state of the soil surface and field layer in the recreational forests National park «Losiniy ostrov»</i>	51
Kartashova E.R., Fitiskina N.V., Oleskin A.V. <i>Multifunctional effects of ecotol on tree seedlings</i>	58
Smirnov A.I., Orlov F.S., Vasilev S.B. <i>Presowing treatment of seeds of banks pine (Pinus banksiana) and scotch pine (Pinus sylvestris) with low frequency electromagnetic field and «Extrasol» fertilizer</i>	65
Smirnov A.I., Orlov F.S., Drozdov I.I. <i>Methods of intensive farming techniques at sowing seeds conifers</i>	69
Chizhov B.E., Gorshkova V.V., Nikolaev A.I. <i>Suggestions to the forest tending rules</i>	74
Zheldak V.I., Sidorenkov V.M., Doroshenkova E.V., Stepanova S.K. <i>Forest treatment legal regulations and their development</i>	80

Woodworking and chemical technology

Ageev S.P., Melekhov V.I., Rykunin S.N. <i>Probabilistic modeling of timber production</i>	89
---	----

Safin R.R., Mukhametzyanov Sh.R., Kainov P.A., Shayahmetova A.H.
Method of calculating the process of vacuum-conductive lumber drying with heat pump 96

Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Impulse drying pine timber* 103

Aleshina L.A., Mikhailina A.A., Lugovskaya L.A.
Structure of the coniferous bleached cellulose in the different states 107

Mathematical modeling

Tumanov M.P., Abdullin S.R. *Nonlinear routing system (AQM) in the Ethernet* 115

Burkov V.D., Kharitonov N.A., Demin A.N.
The ways to reduce the temperature error of a single pass fiber-optic sensor based on the optically active crystal with cubic symmetry $BI_{12}SIO_{20}$ and $BI_{12}GEO_{20}$ 121

Yefremova M.Y., Krukov P.V., Galaktionov A.Y. *The numerical calculation of the aerodynamic characteristics of a spherical body with the channel at the subsonic speeds* 129

Il'yushchenko I.S., Il'yushchenko L.A. *Building control algorithm of reentry vehicle manned transport vehicle at landing on a landing solid-fuel propulsion system* 136

Seversky S.I., Malysheva N.V., P'yankov I.B. *Problems of ICT (Information and Communications Technology) Implementation in Forestry and Complex Solutions* 144

Economy

Tretyakov A.G.
Forest rent and economic accessibility of forest resources: methodological aspects 153

Philology

Kosarina A.A., Fedotova A.Ye.
The features of the semantic strategy of term coinage in political terminology 161

Education

Umarov M.K., Novikov A.A., Krupnik E.Y., Safoshin A.V., Tarichev N.A., Umarov M.M.
Interactive polygon as a prerequisite for increasing the capacity limits of athletes in martial arts 166

Klychkov K.E., Petrov A.Y., Chernova N.Y.
Motives forming sports activities in higher education 174

Klychkov K.E., Petrov Y.N., Chernova N.Y.
Some aspects of the motivation of students to sports activities athletic gymnastics 179

БИОЛОГО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕСКРЫЛИВАНИЯ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

А.Р. РОДИН, проф. МГУЛ, засл. лесовод РСФСР, д-р с.-х. наук

Е.А. КАЛАШНИКОВА, проф. РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, д-р биол. наук

kalash0407@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева»,

Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д.49

Приводится биолого-теоретический анализ существующих способов механического и влажного обескрыливания семян хвойных пород. Проводится сравнение российских и шведских технологий обескрыливания семян хвойных пород. Авторами утверждается, что применение машин МОС-1 и МОС-1А для очистки и сортировки семенного материала нежелательно, так как их использование приводит к механическим повреждениям семян, что приводит к снижению их посевных качеств и сокращению срока хранения. Наиболее перспективный способ – «влажный», так как он исключает травмирование семенного материала и не снижает посевные качества семян. Этот способ предусматривает равномерное увлажнение семян и отделение от них крылаток. Данный способ обескрыливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород широко применяется на практике в лесном хозяйстве в Швеции. Предлагаемый способ обескрыливания семян является экологически оправданным, сохраняющим жизнеспособность и генетическое состояние семян. Кроме того, этот способ экономически оправдан, так как стоимость семян весьма велика, в Российской Федерации 1 кг семян стоит около 100\$ США, а в Швеции – 2–3 тыс. \$ США. Однако в предлагаемой технологии не приводятся режимы и продолжительность всех выполняемых операций, например, сепарация, подсушка и т.д. Поэтому для широкого внедрения в производство «влажного» способа обескрыливания семян необходимо проводить дополнительные исследования по оптимизации данного технологического процесса. Необходимо оптимизировать каждую операцию, например, мощность слоя семян, подлежащих обескрыливанию и степень его увлажнения, периодичность ворошения и применяемое при этом орудие, продолжительность увлажнения, технология отвеивания и другие операции.

Ключевые слова: обескрыливание, микроповреждения, сепарация, хранение, генетическое состояние, биологическая энергия.

Фундаментом искусственно выращиваемых лесов являются семена, к которым предъявляют повышенные требования. Это объясняется тем, что многие свойства и особенности выращиваемых насаждений определяются наследственностью, отраженной в генетическом коде семян и наличием в семени биологической энергии. От этого зависит грунтовая всхожесть, формирование проростка, рост всходов и сеянцев. В последующем это сказывается на росте лесных культур.

Основная задача лесного семеноводства состоит не только в получении высококачественных семян, но и сохранении их жизнеспособности, биологической энергии и генетического состояния уродившихся семян до посева в грунт. Качество семян, в частности, зависит от срока их сбора. В связи с этим, семена необходимо собирать при достижении ими урожайной спелости. В это время семенной материал находится в состоянии покоя, а обмен веществ только «тлеет». В этом случае срок хранения обескрыленных семян увеличивается. Вместе с тем, в справочниках и публикациях [1] рекомендуется собирать шишки

мелкосеменных хвойных пород в более ранние сроки и независимо от лесорастительной зоны и лесосеменного района. Для хвойных пород это нецелесообразно.

В процессе получения семян из шишек мелкосеменных деревьев хвойных пород качество уродившегося семенного материала снижается. В концепции Федеральной целевой программы развития лесного семеноводства на период 2009–2020 гг. говорится: «В настоящее время большая часть семян получает микроповреждения при переработке лесосеменного сырья с использованием морально и физически устаревшего оборудования. Такие семена не могут храниться и быстро теряют кондиционные посевные качества» [2]. Микроповреждения семена получают в значительной степени при их обескрыливании на машинах для очистки и сортировки семенного материала МОС-1 и МОС-1А. При этом в большем количестве повреждаются крупные семена. Следовательно, использование МОС-1 и МОС-1А нежелательно из-за механических повреждений семян, ведущих к снижению их посевных качеств и сокращению срока хранения.

Исследования сельскохозяйственных семян показали, что на механические повреждения, т.е. стрессы, семена реагируют выделением в окружающую среду микроколичества летучих физиологически активных веществ, оказывающих ингибирующее действие на семена. При этом в большей степени реагирует энергия прорастания и в меньшей – всхожесть [3]. Эта закономерность наблюдается и у семян хвойных пород. Например, при 18-летнем хранении семян сосны обыкновенной энергия прорастания снизилась с 97 до 1 %, а всхожесть – с 99 до 28,3 %. Нами установлено, что в семенах происходят, прежде всего, генетические изменения. В нашем опыте количество хромосомных aberrаций возросло с 1,2 до 15 %. Следовательно, первоначально происходят генетические изменения, а затем энергия прорастания и всхожесть [4]. К сожалению, при закладке семян на длительное хранение не учитывают весь комплекс взаимосвязанных показателей (генетическое состояние, энергия прорастания, всхожесть), надежно характеризующих качество семенного материала.

Наши поисковые исследования семян ели европейской показали также наличие хемотрасмиссии между здоровыми и механически поврежденными семенами, но проявляемой менее рельефно, чем у сельскохозяйственных культур. В процессе совместного хранения кондиционных и механически поврежденных семян количество травмированных, по нашему мнению, будет увеличиваться не только за счет воздействия стрессовых семян на здоровые, но и за счет вновь образовавшихся в процессе хранения поврежденных семян. Последние сами становятся излучателями физиологически активных веществ ингибирующего действия. Происходит то же, что и при наличии в партии семян с грибными заболеваниями.

С начала прошлого века в нашей стране применялся «влажный» способ обескряливания семян сосны и ели (М.М. Гайдовский-Потапович, 1905; А.П. Тольский, 1932; В.П. Коверин, 1932; К.Ф. Мирод, 1945 и др.), но он был незаслуженно забыт. Он, например, применялся в Пречистенском лесхозе и Даниловском леспромхозе Ярославской области, Тарногском леспромхозе Вологодской области и других хозяйствах [5]. В этом случае

необескряленные семена рассыпались тонким слоем на брезент и слегка увлажнялись однократным разбрызгиванием воды, а затем проводилось систематическое ворошение. В процессе этого семена равномерно увлажнялись, а затем подсыхали. Через 3–4 часа крылатки легко отделялись от семян отвеиванием. Исследования, проведенные в 1960 г. Костромской контрольной станцией лесных семян, показали, что «влажное обескряливание» не наносит механических повреждений семенам и не снижает их посевные качества [5]. Использование технологии «влажного» способа обескряливания семян хвойных пород исключает травмирование семенного материала [5, 6]. Для предотвращения грибных заболеваний семян Костромская контрольная станция рекомендует в воду, используемую для увлажнения семян при обескряливании, добавлять раствор формалина (0,15 %), марганцевокислого калия (0,25 %) и т.д.

Способ «водного» обескряливания был забыт, во-первых, потому, что появилась высокопроизводительная, электромеханическая машина для обескряливания и сортировки семян МОС-1. Во-вторых, отсутствовали научные исследования, обосновывающие оптимальные режимы выполняемых операций (величина слоя семян, степень и продолжительность увлажнения, периодичность и интенсивность ворошения, генетические и качественные изменения в процессе их хранения и т.д.). При выполнении исследований, обеспечивающих оптимизацию всех операций, «влажный» способ должен найти широкое применение в лесном семеноводстве России.

В настоящий момент рекламируется шведская технология обескряливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород «влажным» способом [1, 7, 8]. В этом случае семена с влажностью 8–10 % поступают в обескряливатель, состоящий из вращающегося барабана, наполненного 6–7 кг семян, куда из форсунки в течение 15-минутного обескряливания подается около одного литра воды в распыленном состоянии. Семена при этом равномерно увлажняются, крылатки отделяются от семян. По окончании процесса обескряливания через форсунки подается теплый сухой воздух для подсушивания семян. После этого семена и крылатки удаляются из обескряливателя [1, 8]. О степени увлаж-

нения и подсушивания семян в публикациях и рекламных материалах [8] не сообщается, лишь говорится о состоянии семян и крылаток [1, 8]. В то же время, в некоторых публикациях говорится о том, что «за счет интенсивного поглощения влаги семенем крылатка, не впитывающая влагу, отпадает» [9]. В другой публикации сообщается, что в процессе обескрыливания «семена увлажняют – они набухают и отбрасывают крылатку так же легко, как и в природе» [7].

Известно, что качество семян во многом зависит от их влажности. В связи с этим мы попытались установить процент влажности семян в конце процесса их обескрыливания по шведской технологии. Первоначально определили объем семени ели европейской ($V_{\text{ср}} = 6,25953 \text{ мм}^3$) и площадь боковой поверхности ($S_{\text{ср}} = 19,2584 \text{ мм}^2$) для отобранной партии 100 семян. С учетом этого были проведены расчеты влажности семян в конце их обескрыливания. Они показали, что влажность семян увеличилась с 8–10 % до 20–25 %.

Первые физиолого-биохимические изменения в семенах хвойных пород начинаются после их намачивания водой до влажности 20–25 % [10, 11]. В этом случае в семенах активизируются имеющиеся гидролитические ферменты и ферменты аминокислотного обмена. Одновременно усиливается дыхание, которое в это время идет, главным образом, за счет гликолиза. Вместе с тем, при намачивании семян рвутся водородные связи воды за счет биохимических процессов, происходящих в семенах, и изменения энергетического состояния воды.

Усиление биологической активности семян с повышением их влажности подтверждается исследованиями Е.П. Верховцева. Он установил, что интенсивность дыхания семян лиственницы сибирской при их влажности 24 % и температуре 15 °С характеризуется выделением CO_2 в течение 30 суток в количестве 391,7 мг на 1 кг сухого вещества, а при влажности 7,1 % – 22,6 мг. С повышением температуры до 25 °С выделение CO_2 резко увеличивается – при влажности семян 7,1 % и 17,9 % выделение CO_2 составляет соответственно 121 и 424 мг.

После обескрыливания и подсушки семян по шведской технологии они поступают в жидкостной сепаратор. Он предназначен для

удаления из массы семян механически поврежденных, пораженных насекомыми, а также прочих частиц. При этом авторы утверждают, что сильно поврежденные семена быстро поглощают воду, становятся тяжелыми и опускаются на дно сепаратора. Удаление семян с небольшими механическими повреждениями также происходит в жидкостном сепараторе. Но при этом семена первоначально в течение 5 мин находятся в вакууме, затем давление выравнивается до уровня атмосферного. Семена, находящиеся в условиях вакуума, приобретают способность к более интенсивному поглощению влаги, быстро намокают и опускаются на дно жидкостного сепаратора [1, 8].

Водная сепарация семян мелкосеменных хвойных пород по шведской технологии интересна и оригинальна. В связи с этим нами был проведен эксперимент по сепарации хранившихся семян ели европейской кондиционных и на 100 % травмированных. Погружение семян в воду произошло не сразу, через сутки на дно сосуда опустилось 88,6 % семян из полностью травмированных, а из кондиционных – 79,0 %.

Сравнительный анализ различных способов обескрыливания семян мелкосеменных хвойных пород говорит о том, что шведская технология вызывает интерес. Однако в ней не приводятся режимы и продолжительность всех выполняемых операций (сепарация, подсушка и т.д.) и их влияние на жизнеспособность семян и их генетическое состояние. Например, неясно, обеспечивают ли выполняемые операции оптимальные условия для полного сохранения жизнеспособности уродившихся семян и их генетического состояния. Не объясняется, почему семена в барабане увлажняются в течение 15 мин. При «влажном» обескрыливании семян хвойных пород в установке АМО-5, конструкции ВНИИЛМ, увлажнение проводится в течение 10 мин, т.е. в 1,5 раза меньше, чем в шведской технологии [12]. По нашему мнению, нельзя с уверенностью утверждать, что шведская технология обескрыливания и водная сепарация полностью сохраняет биологическую энергию семени, его жизнеспособность и не ведет к генетическим изменениям. Это подтверждается, в частности, тем, что семена при обескрыливании и водной сепарации

дважды подвергаются намачиванию и подсушиванию, а часть семян при этом получают микроповреждения [1, 8].

Намачивание семян активизирует физиолого-биохимические процессы, а подсушивание – замедляет их. Переменное увлажнение семян усиливает процессы жизнедеятельности и расход запасного питательного вещества – биологическая система семени переходит в возбужденное состояние, благодаря которому осуществляются многие физиолого-биохимические процессы [13], значимость которых при использовании шведской технологии обескрыливания семян и их сепарации не установлена.

При выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой в Швеции рекомендуют использовать семена хвойных пород высокого уровня со всхожестью не ниже 95 % [8]. Однако высокая степень всхожести не дает достоверной оценки жизнеспособности семян и их генетического состояния, а также возможной продолжительности сохранения посевных качеств при хранении [4]. Наши исследования показали, что при хранении снижение качества семян происходит, прежде всего, на генетическом уровне, затем уменьшается энергия прорастания и лишь потом всхожесть. Например, после 6-летнего хранения семян сосны обыкновенной всхожесть снизилась несущественно – с 99 ± 1 % до 91 ± 3 %, тогда как количество хромосомных aberrаций увеличилось с $1,2 \pm 0,1$ % до $5,8 \pm 0,6$ %, т.е. в 4,8 раза [4].

Шведы утверждают, что «семена, подсушенные до влажности 5,7 % и при температуре в холодильной камере от -5 до -20 °С, хранятся 30–40 лет без существенной потери их посевных качеств». Утверждение «без существенной потери посевных качеств» не подтверждается энергией прорастания, всхожестью и тем более генетическими исследованиями. В оптимальных условиях хранения семена сохраняют жизнеспособность 30–40 лет, но в какой степени – не указывается. В этот период посевные качества и биологическая энергия семян, несомненно, снижаются, одновременно происходят генетические изменения. Нами установлено, что в первый период дли-

тельного хранения семян происходят менее интенсивные изменения, чем в дальнейшем.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы:

– применяемые в настоящее время в России и Швеции способы обескрыливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород наносят микроповреждения семенному материалу, не обеспечивают, при длительном их хранении, сохранение жизнеспособности семян, биологической энергии и генетического состояния;

– основным способом обескрыливания следует считать «влажный», предложенный и применяемый с начала XIX века лесоводами России и исключаящий травмирование семян. Хотя этот способ менее производителен, чем механический при использовании МОС-1 и МОС-1А, но он экологически оправдан, позволяет сохранить качество уродившихся семян, стоимость которых весьма велика. В Российской Федерации 1 кг семян стоит ~ 100 \$ США, а в Швеции – 2–3 тыс. \$ США [1];

– для широкого внедрения российского способа «влажного» обескрыливания необходимо оптимизировать выполнение каждой операции (мощность слоя семян, подлежащих обескрыливанию, и степень его увлажнения, периодичность ворошения и применяемое при этом орудие, продолжительность увлажнения, технология отвеивания). Для решения этих вопросов необходимо проведение комплексных научных исследований с использованием методов математического планирования в научных экспериментах с применением компьютерных технологий [13].

Библиографический список

1. Гладки, М. О некоторых перспективных технологиях лесного семеноводства и питомнического дела (из шведского опыта) / М. Гладки, А. Проказин, И. Рутковский // Лесохозяйственная информация. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – № 1. – С. 52–62.
2. Концепция Федеральной целевой программы «Развитие лесного семеноводства на период 2009 – 2020 гг.» – Лесная Россия, 2008. – № 9. – С. 9–15.
3. Левин, В.И. Новое в биологии и технологии хранения семян зерновых культур и продовольственного зерна / В. И. Левин. – Рязань: Нива Рязани, 2004. – № 2(67). – С. 11–14.
4. Родин, А. Р. Прогнозирование качества семян лесных растений при длительном хранении. Искусственное лесовыращивание / А.Р. Родин. – Избранные труды. Пушкино: ВНИИЛМ, 2012. – 198 с.

5. Озолин, В.П. Водное обескряливание семян сосны и ели // В.П. Озолин / Лесное хозяйство. 1962. – № 8. – С. 78.
6. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации / Федеральная служба лесного хозяйства России. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 197 с.
7. Преимущества скандинавских технологий переработки лесосеменного сырья, семян и производство посадочного материала с закрытой корневой системой. – Лесная Россия, 2008. – № 9. – С. 34–35.
8. <http://www.lessnab.karelia.ru>
9. Маркова, И.А. Современные проблемы лесовыращивания (лесокультурное производство) / И.А. Маркова. – Учебное пособие. – СПб: СПб ЛТА. 2009. – 144 с.
10. Реймерс Ф.Э. Растения во младенчестве. / Ф.Э. Раймерс. 2-изд. – Новосибирск: Наука, 1987. – 118 с.
11. Родин, А.Р. Лесные культуры / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, С.А. Родин: учебник. – М.: МГУЛ, 2011. – 316 с.
12. Казаков, В.И. Технология и механизация выращивания посадочного материала в питомниках лесной зоны / В.И. Казаков. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 186 с.
13. Родин, А.Р. Использование методов математического планирования в научных экспериментах при помощи ЭВМ. Методические указания для аспирантов, стажеров, научных работников / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, А.Д. Захаров, С.Л. Рысин. – М.: МГУЛ, 1998. – 17 с.

BIOLOGICAL AND THEORETICAL ANALYSIS OF THE SEEDWINGS SEVERING METHODS OF SMALL-SEEDED CONIFERS

Rodin A.R., Prof. MSFU, Dr.Sci (Agricultural); **Kalashnikova E.A.**, Prof. RGAU-MSHA K.A. Timiryazeva, Dr.Sci (Biol.)

kalash0407@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia
 Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Russia,
 Moscow 127550, Timiryazevskaya st., 49

The article provides the biological–theoretical analysis of the available ways of mechanical and wet seed wings severing methods of the coniferous species. A comparison of Russian and Swedish coniferous species seed wings severing technologies is given. The authors claim that seed cleaning and sorting by MOS-1 and MOS-1A machines is undesirable, since it results in mechanical damage of the seeds with further lowering of the seed sowing quality and reduction of seed shelf life. The wet seed wings severing method is considered to be the most promising one, as it eliminates seed injury and does not reduce seed sowing quality. This method provides uniform seed wetting and wing separation. It is widely used for wet seed wings severing of small-seeded coniferous species in the Swedish forestry. The method is ecologically justified in preserving the viability and genetic condition of the seeds. This method is also economically justified, since the cost of seeds is very high, and the cost of 1 kg. seeds is about 100 \$ in the Russian Federation and 2000-3000 \$ in Sweden. However, the given wet seed wings severing technology does not provide the schedule and durations of all operations, for example, separation, drying and etc, performed. Therefore, it is necessary to conduct additional studies to optimize the processes for its future widespread introduction into practice. It is necessary to optimize the performance of each operation, for example, the layer thickness of the seeds to be severed and its degree of hydration, the frequency of turning and the instrument applied, the duration of wetting, winnowing technology and other operations.

Keywords: seed severing, microdamages, separation, storage, genetic condition, biological energy.

References

1. Gladki M. *O nekotorykh perspektivnykh tekhnologiyakh lesnogo semenovodstva i pitomnicheskogo dela (iz shvedskogo opyta)* [Some promising technologies forest seed and nursery business (from the Swedish experience)] Lesokhozyaistvennaya informatsiya. Moscow: VNIILM, 2004. № 1. pp. 52-62.
2. *Kontseptsiya Federal'noi tselevoy programmy «Razvitie lesnogo semenovodstva na period 2009 – 2020 gg.»* [Concept of the Federal Target Program «Development of forest seed for the period 2009 – 2020 years.».]. Lesnaya Rossiya, 2008. № 9. pp. 9-15.
3. Levin V.I. *Novoe v biologii i tekhnologii khraneniya semyan zernovykh kul'tur i prodovol'stvennogo zerna* [New in biology and technology for storage of cereal seeds and food grains]. Ryazan': Niva Ryazani, 2004. № 2(67). pp. 11-14.
4. Rodin A.R. *Prognozirovanie kachestva semyan lesnykh rastenii pri dlitel'nom khranении. Iskusstvennoe lesovyrashchivanie e* [Prediction of quality forest seed during storage. Artificial forest growing]. Pushkino: VNIILM, 2012. 198 p.
5. Ozolin V.P. *Vodnoe obeskrylivanie semyan sosny i eli* [Water obeskrylivanie seeds of pine and spruce]. Lesnoe khozyaistvo. 1962. № 8. pp. 78.
6. *Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiiskoi Federatsii* [Dvice on forest seed in the Russian Federation]. Federal'naya sluzhba lesnogo khozyaistva Rosii. Moscow: VNIIClesresurs, 2000. 197 p.
7. *Preimushchestva skandinavskikh tekhnologii pererabotki lesosemennogo syr'ya, semyan i proizvodstvo posadochnogo materiala s zakrytoi kornevoi sistemoi* [The advantages of the Scandinavian forest seed materials processing technologies, production of seeds and planting material with closed root system]. Lesnaya Rossiya. 2008. № 9. pp. 34-35.
8. <http://www.lessnab.karelia.ru>
9. Markova I.A. *Sovremennye problemy lesovyrashchivaniya (lesokul'turnoe proizvodstvo)* [Modern problems of forest cultivation (silvicultural production)]. SPb: SPbLTA. 2009. 144 p.
10. Reimers F.E. *Rasteniya vo mladenchestve* [Plants in infancy]. Novosibirsk: Nauka, 1987. 118 p.
11. Rodin A.R. *Lesnye kul'tury* [Forest plantations]. Moscow: MSFU, 2001. 316 p.
12. Kazakov V.I. *Tekhnologiya i mekhanizatsiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala v pitomnikakh lesnoi zony* [Technology and mechanization of growing seedlings in nurseries forest zone]. Moscow: VNIILM, 2001. 186 p.
13. Rodin A.R. *Ispol'zovanie metodov matematicheskogo planirovaniya v nauchnykh eksperimentakh pri pomoshchi EVM. Metodicheskie ukazaniya dlya aspirantov, stazherov, nauchnykh rabotnikov* [Using the methods of mathematical planning of scientific experiments using a computer. Methodological guidelines for graduate students, interns, researchers]. Moscow: MSFU, 1998. 17 p.

РАЗРАБОТКА ВОЛЮМОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ХВОИ ПРИ БИОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

О.А. ЕСЯКОВА, доц. каф. промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств СибГТУ, канд. биол. наук,

Р.А. СТЕПЕНЬ, проф. каф. промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств СибГТУ, д-р биол. наук

olga-la83@mail.ru, stepen.rob@yandex.ru

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»
Россия, 660049, Красноярск, пр. Мира, 82

Количественная оценка загрязняющих воздушную среду компонентов, проводимая с помощью биоиндикационных методов, позволяет получить более достоверные и объективные результаты. Задачей исследования являлась разработка метода измерения объема хвои деревьев как биоиндикационного показателя загрязнения городской воздушной среды. Разработан прибор для измерения объема хвои, представляющий цилиндр, внутри которого располагается поршень, состоящий из штока с закрепленным на нем зонтом из водостойкого мелкоячеистого материала. Совмещение риски на штоке с уровнем воды в цилиндре до и после помещения хвои в цилиндр определяет объем исследуемого количества хвои. В ходе исследования проведено сравнение результатов определения объема хвои ели сибирской, отобранной из средней части кроны деревьев, разработанным и морфометрическим методами. Сравнение полученных данных показывает, что морфометрические измерения превышают волюмометрические почти на 12 %. Такой результат объясняется формой хвои, не учитываемой при расчете объема образцов морфометрическим способом. Объективный характер анализа волюмометрическим методом указывает и низкая величина коэффициента варьирования результатов измерения. Объем хвои ели сибирской, определяемый волюмометрическим методом, использовался в качестве индикатора загрязнения воздушной городской среды. На примере промышленного центра Сибири проведена оценка аэрогенного загрязнения в разных районах города Красноярска по измеренному объему хвои волюмометрическим путем. При анализе результатов измерений учитывались специфические выбросы предприятий и выхлопные газы автотранспорта. В качестве участков с благоприятной окружающей средой были исследованы загородные дачные участки. Результаты оценки экологической нагрузки на воздушную среду, полученные волюмометрическим способом, согласуются с данными морфометрических измерений аналогичных участков исследования. Разработанный прибор для определения объема образцов неправильной формы позволяет получить более точные и достоверные результаты при проведении биоиндикационных исследований.

Ключевые слова: биоиндикация, волюмометрический метод, ель сибирская, антропогенное загрязнение воздушной среды

Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха является причиной многих негативных процессов. Для оценки его состояния применяют преимущественно инструментальные методы, базирующиеся на определении содержания 4–5 основных поллютантов [3]. Однако в воздушной среде городов находится огромное количество других, в том числе токсичных, компонентов. Оценка их наличия с помощью биоиндикационных методов, учитывающих действие всех находящихся в воздухе загрязнителей, позволяет получить более достоверные и объективные результаты [5, 10]. Вместе с тем, большинство биоиндикационных показателей, в связи с незначительными изменениями их величины, могут характеризоваться лишь полуколичественно. К таким показателям относится объем образцов неправильной формы, в том числе хвои деревьев.

Задачей исследования являлась разработка метода количественной оценки объема хвои деревьев как биоиндикатора загрязнения городской воздушной среды [9].

Вопрос о количественном определении объема образцов неправильной формы изучался рядом авторов [2, 4, 6, 7]. При измерении объема древесных образцов использовали ртутный объемметр [6], что обуславливает серьезную опасность отравления ртутью. Замена ртути порошком полимера устраняет эту опасность [7]. Однако при анализе массы из 50–100 хвоинок образуются пустоты, что искажает результаты. Объем хвои определяли также расчетными методами: как произведение длины на квадрат ширины [2] или трех ее линейных размеров [4]. Последний из них использован нами для сравнительных целей при разработке волюмометрического метода определения объема хвои ели сибирской.

Материалы и методы

За основу разрабатываемого прибора взято устройство для измерения объема деревянных пористых образцов сравнительно больших размеров (5–10 см³) [7]. Поскольку поверхность хвои ели покрыта водонепроницаемым парафиновым слоем, вместо полимерного порошка в качестве агента использовали воду. Кроме того, учитывая небольшие размеры хвои, измерение объема проводили в узком (внутр. диаметр 23 мм) измерительном цилиндре, что повышает точность анализа. Внутри цилиндра движется поршень, состоящий из штока, на конце которого закреплен зонтик из водостойкого мелкоячеистого материала. Его диаметр соответствует внутреннему диаметру цилиндра, благодаря чему происходит полное затопление помещаемой в цилиндр анализируемой хвои. В 15 мм от нижнего конца на штоке сделана риска. Ее совмещение с уровнем воды в цилиндре в начале и после размещения хвои, то есть повышение объема воды в процессе

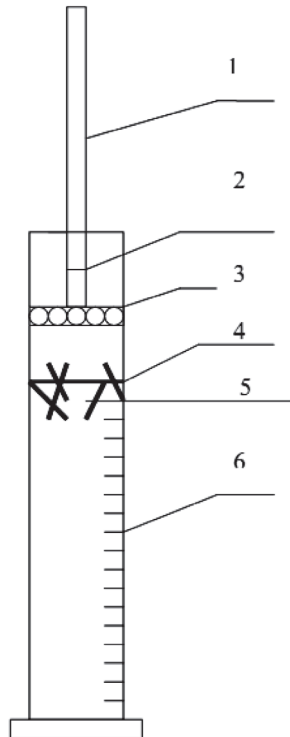


Рисунок. Прибор для измерения объема хвои: 1 – шток, 2 – риска, 3 – зонтик (поршень), 4 – уровень воды, 5 – хвоя, 6 – мерный цилиндр

Figure. A device for measuring the volume of needles: 1 – stock, 2 – Risk 3 – umbrella (piston), 4 – the water level, 5 – needles, 6 – graduated cylinder

анализа, определяет объем исследуемого количества хвои. Разработанный прибор схематически представлен на рисунке.

При проведении анализа в цилиндр примерно на 2/3 емкости заливается вода и фиксируется ее начальный уровень. В воде размещается анализируемое число хвоинок и поршнем проводится их полное затопление до совмещения риски на нем с мениском воды. Разница уровней определяет объем вытесненной воды. Частное от деления послед-

Т а б л и ц а 1

Оценка объема хвои волюмометрическим и морфометрическим методами, мм³
Needles volume assessment by the means of volumetric and morphometric methods, mm³

№ п/п	Метод	
	волюмометрический	морфометрический
1	15,2	16,7±0,4
2	14,8	13,5±0,5
3	13,0	17,2±0,4
4	14,4	15,5±0,5
5	13,9	13,1±0,3
6	14,9	14,4±0,4
7	13,6	17,7±0,5
8	14,0	16,1±0,5
9	13,8	18,2±0,4
10	13,2	15,9±0,6
$\bar{x} \pm m$	14,2±0,3	15,9±0,6
σ_x	0,788	3,013
V, %	5,6	10,9

Т а б л и ц а 2

Объем хвои ели на участках с разным уровнем загрязнения атмосферного воздуха
The volume of spruce needles in the areas with different levels of air pollution

Месторасположение участка	Объем, мм ³
ДК «Машиностроитель»	10,9±0,2
ТЭЦ-1	10,5±0,3
химкомбинат «Енисей»	10,2±0,2
КрАМЗ	9,7±0,3
парк Гвардейский	12,1±0,2
краевая больница № 1	11,9±0,2
Центральный парк	12,3±0,1
ул. Республики	11,4±0,1
Политехнический техникум	11,0±0,2
Администрация Свердловского района	10,6±0,3
Академгородок	12,6±0,1
дер. Слизнево	13,6±0,1
ст. Кемчуг	14,1±0,1

него на количество хвои представляет собой объем одной хвоинки.

В процессе исследования проведено сравнение результатов определения объема хвои ели разработанным и морфометрическим методами. Объектом изучения служила хвоя ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) средней части кроны 10 деревьев, произрастающих внутри массива около Академгородка. В лаборатории хвою вручную отделяли от побегов, перемешивали и из общей массы отбирали их заданное количество для анализа.

В случае волюмометрических измерений в цилиндр помещали 50 хвоинок, при морфометрическом анализе каждое из 10 приведенных значений является средним результатом произведения длины, ширины и толщины 5 хвоинок.

Результаты и их обсуждение

Данные количественного определения двумя методами объема хвои ели приведены в табл. 1.

Сравнение полученных данных свидетельствует, что показатели морфометрических анализов в среднем почти на 12 % превышают волюмометрические. Завышение значения объясняется уменьшением размеров в ее апикальной по сравнению со средней частью, что не учитывается при расчете, в то время как волюмометрически фиксируется объем образцов любой формы. На более объективный характер анализа волюмометрическим методом указывает и значительно меньшая (в 1,9 раза) величина коэффициента варьирования результатов измерения.

С использованием волюмометрического метода определения объема хвои ели как индикатора загрязнения воздушной среды оценено ее состояние в некоторых районах г. Красноярска. Для сравнения в опыте в качестве исследуемых взяты ранее рассматриваемые участки [1]. Их расположение и средние результаты анализа хвои приведены в табл. 2.

Наиболее загрязнена поллютантами воздушная среда вблизи ТЭЦ-1 и бывшего химкомбината «Енисей» в Ленинском, а так-

же около администрации и Политехнического техникума в Свердловском районе. Более неблагоприятна ситуация в районе КраЗа в связи со специфическими выбросами алюминиевого производства. Серьезно загрязнена воздушная среда в результате выбросов автотранспорта у Краевой больницы, ул. Республики, ДК «Машиностроитель». Относительно чистый воздух в парковой зоне и в массиве насаждений вблизи Академгородка. Тем не менее, как следует из результатов измерения объемов хвои, он существенно уступает атмосферному воздуху лесных участков.

Полученные данные согласуются с результатами исследования морфометрическими методами загрязнения воздуха городской среды [1]. Согласно им, экологическая нагрузка на воздушную среду г. Красноярска возрастает в ряду: Академгородок – парковая зона – крупные автомагистрали – производственные районы.

Совершенствование аппарата для определения объема крупных образцов неправильной формы позволило разработать прибор для количественного определения объема хвои как индикатора уровня антропогенного загрязнения. С его помощью проведена оценка состояния воздушной среды в некоторых районах г. Красноярска.

Библиографический список

1. Есякова, О.А. Зонирование загрязнения атмосферы г. Красноярска биоиндикационными методами: монография / О.А. Есякова, Р.А. Степень. – Красноярск: СибГТУ, 2011. – 124 с.
2. Михайлова, Т.А. Комплексная экологическая оценка состояния лесов Тайшетского района перед запуском алюминиевого производства в г. Тайшет / Т.А. Михайлова [и др.]. – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2005. – 159 с.
3. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2012 год: Государственный доклад. – Красноярск, 2013. – 450 с.
4. Онучин, А.А. Структурно-функциональные изменения хвои сосны под влиянием поллютантов в лесостепной зоне Средней Сибири / А.А. Онучин, Л.Н. Козлова // Лесоведение. – 1993. – № 2. – С. 39–42.
5. Пат. на полезную модель 89222 Российская федерация. Прибор для измерения объема хвои / Степень Р.А., Есякова О.А., Амбарцумян О.Н., Мартоник Е.В. (РФ) заявитель и патентообладатель Сибирск. гос. технол. ун-

- т. – № 2009124953/22; заявл. 29.06.09; опубл. 27.11.09, Бюл. № 33. – 3 с.
6. Соколов, Д.Б. Древесиноведение : учеб. пособие / Д.Б. Соколов, А.Л. Синькевич, П.А. Емельянова. – Л.: ЛТА, 1974. – 61 с.
 7. Пат. 2196327 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 33/46, А 01 G 23/00. Способ испытания древесных растений / Мазуркин П.М., Колесникова А.А. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. – № 2001115402/13; заявл. 04.06.01; опубл. 10.01.03, Бюл. № 1. – 2 с.
 8. Manninen S. Scots pine needles as bioindicators of sulphur deposition / S. Manninen, S. Huttunen // Canadian Journal of Forest Research. 1995. – Vol. 25, № 10. – P. 1559-1569.
 9. Tichy J. Impact of atmospheric deposition on the status of planted Norway spruce stands: a comparative study between sites in southern Sweden and the northeastern Czech Republic / J. Tichy // Environmental Pollution. 1996. – 93, № 3. – P. 303-312.
 10. Kovacs M. Trees as biological indicators. Biological indicators in environmental protection. New York : Ellis Horwood, 1992. – 143 p.

VOLUMETRIC DEVELOPMENT METHOD OF MEASURING THE NEEDLES IN BIOINDICATION AIR POLLUTION

Esyakova O.A., Assoc. Prof. Siberian State Technological University, Ph.D. (Biol.); **Stepen' R.A.**, Prof. Siberian State Technological University, Dr. Sci. (Biol.)

olga-la83@mail.ru, stepen.rob@yandex.ru

Siberian State Technological University, Russia, 660049, Krasnoyarsk, Mira ave., 82

The quantitative assessment of air pollutants carried out by means of bioindicator methods allows to receive more reliable and objective results. The aim of the research was to develop a method of tree needles volume measurement as a bioindicator of urban air environment pollution. The device has been developed for needles volume measurement, representing a cylinder with a piston consisting of a rod inside with an umbrella made of a waterproof close-meshed material fixed on it. Combination of mark on a rod with a water level in the cylinder before and after putting needles in the cylinder determines the volume of the studied quantity of needles. A comparison is given of the results of Siberian spruce middle part of the crown needles volume measurement conducted by the developed criterium and the morphometric one. The comparison of the obtained data shows that morphometric measurements exceed volumetric ones almost for 12 %. Such a result can be explained by the form of the needles which cannot be considered by the calculation of the samples volume by the morphometric method. The objective character of the volumetric method is also proved by the low size of a variation coefficient of measurement results. The volume of Siberian spruce needles, defined by a volumetric method, was used as the indicator of an air urban pollution environment. The example of the industrial center in Siberia shows the method of the assessment of aerogenic pollution in different Krasnoyarsk districts on the measured volume of needles carried out by a volumetric way. Specific emissions of the plants and motor transport gases were taken into account in the analysis of the measurements results. Country forest stands were investigated as sites with favorable environment. The results of the environmental pressure on the air environment assessment, received by the volumetric method, are coordinated with the data of the morphometric measurements of the similar research sites. The developed device for scoping the wrong form samples allows to receive more exact and reliable results when carrying out bioindicator researches.

Keywords: bioindication, volumetric method, Siberian spruce, anthropogenic air pollution

References

1. Esyakova O.A., Stepen' R.A. *Zonirovanie zagryazneniya atmosfery g. Krasnoyarska bioindikatsionnymi metodami* [Zoning of the Krasnoyarsk's atmosphere pollution by bioindicator methods] : Monograph. Krasnoyarsk : SibSTU, 2011. 124 p.
2. Mikhaylova T.A., eds. *Kompleksnaya ekologicheskaya otsenka sostoyaniya lesov Tayshetskogo rayona pered zapuskom alyuminiyevogo proizvodstva v g. Tayshet* [Complex ecological assessment of the woods condition in the Tayshetsky area before start of aluminum production to Taishet]. Irkutsk : Institute of geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 2005. 159 p.
3. *O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy v Krasnoyarskom krae za 2012 god* [About a state and environmental protection in Krasnoyarsk Krai for 2012] : State report. Krasnoyarsk, 2013. 450 p.
4. Onuchin A.A., Kozlova L.N. *Strukturno-funktsional'nye izmeneniya khvoi sosny pod vliyaniem pollyutantov v lesostepnoy zone Sredney Sibiri* [Structurally functional changes of pine needles under the influence of pollutant in a forest-steppe zone of Central Siberia]. *Lesovedenie* [Silvics], 1993, no 2, pp. 39-42.
5. Stepen' R.A., Esyakova O. A., Ambartsumyan O. N., Martonik E. V. *Pribor dlya izmereniya ob»ema khvoi* [The device for measurement of needles volume], Patent RF, no. 89222, 2009.
6. Sokolov D.B., Sin'kevich A.L., Emel'yanova P.A. *Drevesinovedenie* [Wood science]. Leningrad : Leningrad technical academy Publ., 1974. 61 p.
7. Mazurkin P.M., Kolesnikova A.A. *Sposob ispytaniya drevesnykh rasteniy* [Way of wood plants test]. Patent RF, no. 2196327, 2003.
8. Manninen S., Huttunen S. Scots pine needles as bioindicators of sulphur deposition. *Canadian Journal of Forest Research*. 1995. Vol. 25, no 10, pp. 1559-1569.
9. Tichy J. Impact of atmospheric deposition on the status of planted Norway spruce stands: a comparative study between sites in southern Sweden and the northeastern Czech Republic. *Environmental Pollution*. 1996. no 3, pp. 303-312.
10. Kovacs M. Trees as biological indicators. *Biological indicators in environmental protection*. New York : Ellis Horwood, 1992. 143 p.

СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТМИРАЮЩЕЙ ХВОЕ СОСНЫ НА ОСУШЕННЫХ ПЛОЩАДЯХ

Е.П. ХАБАРОВА, асп. каф. ботаники, общей экологии и природопользования С(А)ФУ,
 П.А. ФЕКЛИСТОВ, проф. каф. ботаники, общей экологии и природопользования С(А)ФУ,
 д-р с.-х. наук,
 А.Е. КОШЕЛЕВА, ст. научный сотрудник ЦКП НО «Арктика» С(А)ФУ, канд. хим. наук

alena.khabarova2010@yandex.ru, pfeklistov@yandex.ru, kosheleva-an@yandex.ru

Лесотехнический институт, Северный (Арктический) Федеральный Университет им. М.В. Ломоносова,
 Центр коллективного пользования научным оборудованием «Арктика»,
 Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова
 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

Влияние осушения на содержание элементов минерального питания в растущей и отмирающей хвое сосны обыкновенной на Европейском Севере изучалось мало, между тем от степени обеспеченности деревьев минеральными веществами зависит их рост. Невысокое содержание какого-либо элемента в хвое говорит о неудовлетворительном снабжении деревьев этим элементом, а также сопровождается угнетением ростовых процессов и, как следствие, снижением производительности древостоев. В статье приведены результаты изучения влияния осушения на содержание минеральных элементов в отмирающей хвое сосны обыкновенной. В растущей и отмирающей хвое определялось содержание следующих элементов: азот, калий, фосфор, кальций, магний, сера, марганец, кремний, железо, алюминий, натрий. Представлены данные о изменении как суммарного содержания минеральных элементов в отмирающей хвое сосны, так и каждого элемента в отдельности; отмечено, какие минеральные элементы в наибольшей степени содержатся в отмирающей хвое. Проведен сравнительный анализ содержания минеральных элементов в отмирающей и растущей хвое сосны, рассмотрена тенденция изменения содержания как каждого элемента в отдельности, так и суммарного содержания элементов питания. Корреляционный анализ полученных данных подтверждает тесноту связи суммарного содержания элементов минерального питания в хвое сосны с расстоянием от осушителя. При изучении тесноты связи содержания каждого минерального элемента в отдельности с расстоянием от осушителя у большинства элементов прослеживается высокая и значительная коррелятивная связь. Для выявления формы связи проведен регрессионный анализ, который показал, что зависимость можно выразить линейным уравнением. Представлено распределение в порядке убывания всех минеральных элементов, содержание которых было определено как в растущей, так и в отмирающей хвое сосны.

Ключевые слова: отмирающая хвоя, растущая хвоя, степень осушения, минеральные элементы, межканальное пространство, круговорот веществ.

Изучение химического состава растений является составной частью познания биологического круговорота элементов питания в лесных насаждениях [3].

Содержание питательных веществ в древесных растениях непостоянно. На содержание питательных веществ оказывают влияние условия местообитания, особое значение имеет содержание влаги в почве [6]. С избыточным увлажнением и заболачиванием земель связана низкая производительность сосновых лесов Европейского Севера [7]. Состояние средообразующих факторов является одной из важнейших характеристик местопроизрастания лесной растительности. Особенности формирования осушаемых лесов также не могут быть полно охарактеризованы без изучения их экологии [5].

Накопление органической массы связано с деятельностью ассимиляционного ап-

парата. В то же время изученность его на Севере остается недостаточной [9].

Хвоя сосны содержит наибольшее количество зольных элементов и азота по сравнению с другими частями дерева. Зольность хвои изменяется по мере ее старения [4]. Зольный состав хвои, завершающей жизненный цикл и являющейся важнейшим источником пополнения элементов питания в почвах лесов, существенно отличается от состава однолетней хвои [3].

Невысокое содержание какого-либо элемента в листьях (хвое) говорит о неудовлетворительном снабжении растения этим элементом и сопровождается угнетением ростовых процессов и, как следствие, снижением производительности древостоев [1]. Результаты листовых анализов в какой-то мере позволяют выяснить, усвоение каких элементов питания древостоем улучшается в первую очередь в связи с увеличением степени осушения [2].

Влияние осушения на содержание элементов питания в отмирающей хвое на Европейском Севере изучалось мало, недостаточно и данных по сравнительному анализу содержания минеральных элементов в растущей и отмирающей хвое, поэтому целью наших исследований является изучение влияния осушения на обеспеченность ассимиляционного аппарата древостоя минеральными элементами.

Методика

Полевые работы по изучению влияния осушения на содержание минеральных элементов в отмирающей хвое проводились в 108 квартале Усть-Двинского участкового лесничества Архангельского лесничества.

В сосняке кустарничково-сфагновом осушенном были заложены две пробные площади, которые находятся на разном расстоянии от осушителя. Первая пробная площадь расположена на расстоянии 6,8 м от осушителя, а вторая – 59 м от осушителя.

Для определения содержания химических элементов в отмирающей хвое на разном расстоянии от осушителя были отобраны учетные деревья на расстоянии 1–64,6 м от осушителя (табл. 1), в количестве 20 шт.

С ветвей учетных деревьев ошпыльвалась отмирающая хвоя. Для точного определения содержания химических элементов масса одного образца должна быть не менее 20 г. Количество образцов зависит от числа учетных деревьев и составило 20 шт.

Для проведения химического анализа образцов требовалась подготовка собранного материала. Для этого каждый пакетик помещали в сушильный шкаф на 24 часа при температуре +105 °С.

Работа по определению содержания минеральных элементов в хвое выполнена на оборудовании ЦКП НО «Арктика» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова) при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Рентгенофлуоресцентный анализ проводили на волнодисперсионном спектрометре LabCenterXRF-1800. Предварительно высушенные пробы хвои измельчались с помощью шаровой мельницы до фракции < 70мкм и прессовались в таблетки диаметром 2,5 см.

Сначала записывали спектр образца и определяли, какие элементы присутствуют в пробе, которые затем определяли количественно методом фундаментальных параметров. Условия проведения измерения: рентгеновская трубка с родиевым анодом, $U = 40$ кВ, $I = 95$ мА, экспозиция 40 с и 20 с для фоновых точек. Анализ проводили в атмосфере вакуума. Использовали следующие кристаллы-анализаторы: для определения Fe, Mn, Ca, K, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Co – LiF, S, P, Cl–Ge, Mg, Na, O – TAP, Al–PET.

Для регистрирования излучения применяли сцинтилляционный и пропорциональный детекторы.

Результаты

С удалением от осушителя происходит снижение суммарного содержания минеральных элементов в отмирающей хвое (рис. 1), в среднем с 3,1 до 2,7 %. Такая же тенденция отмечается и у растущей хвои, но в более существенных пределах с 4,9 до 3,0 % [10]. Это подтверждает тот факт, что обычно у осушителя складываются наиболее благоприятные условия для роста, чем в межканальном пространстве [9]. Следует сказать, что отмечается снижение суммарного содержания минеральных веществ в 1,5 раза в отмирающей хвое, которая содержит их в среднем 2,9 %, растущая же хвоя содержит в среднем 4,4 %.

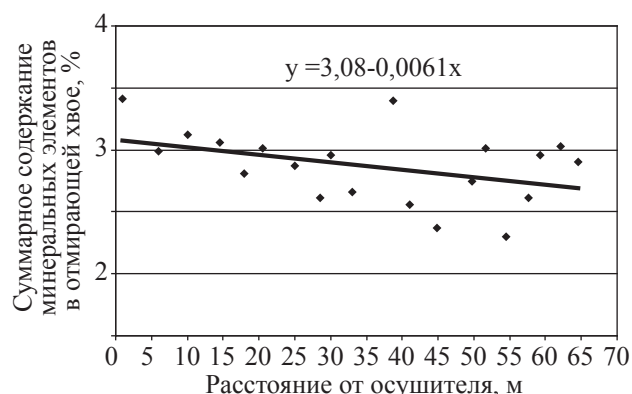


Рис. 1. Суммарное содержание минеральных элементов в отмирающей хвое

Fig. 1. The total content of mineral elements in the dying off needles

Т а б л и ц а 1

Показатели связи суммарного содержания минеральных элементов в отмирающей хвое с расстоянием от осушительного канала

Correlation indicators of the total content of mineral elements in the dying off needles with the distance from the drainage channel

Показатели	
Коэффициент корреляции	-0,38
Основная ошибка коэффициента корреляции	0,19
Достоверность коэффициента корреляции	2,0
Корреляционное отношение	0,52
Основная ошибка корреляционного отношения	0,16
Достоверность корреляционного отношения	3,2
Мера линейности	0,12
Основная ошибка меры линейности	0,08
Достоверность меры линейности	2,0
Показатель криволинейности	0,14

Для оценки тесноты связи содержания минеральных элементов в отмирающей хвое с расстоянием от осушителя был проведен корреляционный анализ полученных нами данных (табл. 1).

Анализ показал, что содержание минеральных элементов в отмирающей хвое находится в умеренной коррелятивной связи с расстоянием от осушителя (корреляционное отношение – 0,52; коэффициент корреляции – 0,38). Корреляционное отношение в данном случае превышает коэффициент корреляции. Все рассчитанные показатели достоверны, так как превышают пороговое значение критерия Стьюдента (пороговое значение критерия Стьюдента 2,01 при вероятности 0,95). Показатель криволинейности позволяет судить о линейности изучаемой связи. В данном случае этот показатель 0,14, поэтому можно сказать, что связь будет иметь прямолинейную зависимость двух признаков.

Форму связи между суммарным содержанием минеральных элементов в отмирающей хвое и расстоянием от осушителя также позволяет выявить регрессионный анализ. Зависимость можно выразить линейным уравнением $y = 3,08 - 0,0061x$ (рис. 1).

Все минеральные элементы можно расположить в порядке убывания. В отмирающей хвое достаточно большое количество азота, кальция, калия, магния, но содержание серы, кремния, фосфора, марганца, железа, алюминия и натрия невелико. Распределение минеральных элементов в отмирающей хвое в порядке убывания выглядит следующим образом: $N \rightarrow Ca \rightarrow K \rightarrow Mg \rightarrow S \rightarrow Mn \rightarrow Si \rightarrow Fe \rightarrow Al \rightarrow P \rightarrow Na$. Доля азота в среднем составляет 49 % от суммарного содержания всех элементов, калия – 7,1 %, кальция – 24 %, магния – 4,9 %, серы и марганца – 3 %, наименьшая доля в отмирающей хвое деревьев сосны кремния – 2,9 %, железа – 1,8 %, алюминия – 1,6 %, натрия и фосфора – 1,4 и 1,3 % соответственно.

Следует отметить, что распределение минеральных элементов в растущей хвое деревьев сосны выглядит по-другому: $N \rightarrow K \rightarrow Ca \rightarrow Mg \rightarrow P \rightarrow S \rightarrow Mn \rightarrow Si \rightarrow Fe \rightarrow Al \rightarrow Na$. В среднем доля азота в растущей хвое деревьев сосны составляет 29,1 % от суммарного содержания всех элементов, калия – 25,4 %, кальция – 19,7 %, магния – 6,7 %, фосфора – 5,6 %, серы – 5,2 %, марганца – 2,7 %, кремния – 2,5 %, наименьшая доля в хвое модельных деревьев алюминия и натрия – 1 % и 0,6 % соответственно (Хабарова, Феклистов, Кошелева, 2013). Из представленной схемы видно, что значительно изменилось содержание таких элементов, как фосфор, калий, сера и магний. Эти изменения наглядно представлены на рис. 2 и 3.

Следует также отметить, что в отмирающей хвое понизилось содержание всех минеральных элементов за исключением алюминия, содержание которого не изменилось, содержание таких элементов, как азот и натрий, возросло. Снижение содержания минеральных элементов в отмирающей хвое свидетельствует о депрессии метаболических процессов в конце жизненного цикла хвои [3]. На основании этого можно сделать вывод, что происходит отток жизненно важных минеральных элементов из отмирающей хвои к другим частям дерева, которые в наибольшей степени нуждаются в них. В данном случае деревья сосны, видимо, не испытывают пот-

ребности в азоте, алюминии и натрии, поэтому содержание этих элементов повышается и они вносят большой вклад в круговорот веществ при переходе в опад.

Следует отметить, что все рассчитанные показатели достоверны, а точность их определения ниже 10 %.

Если рассматривать зависимость содержания каждого элемента от степени осушения, то получается следующая тенденция: с удалением в межканальное пространство происходит снижение азота, серы, фосфора, марганца, натрия. Более существенно это изменение происходит у фосфора – в 2,5 раза и у натрия – в 2,2 раза. У остальных элементов это снижение в менее значительных пределах: азота в 1,3 раза, серы и марганца в 1,4 раза. С удалением от осушителя повышается содержание кремния в 1,4 раза, алюминия в 1,7 раза, железа в 1,5 раза. У магния, калия и кальция не отмечается существенных изменений с удалением в межканальное пространство.

В растущей же хвое с удалением в межканальное пространство наблюдалась несколько другая тенденция: с удалением от осушителя происходит снижение серы, кальция, калия, магния, фосфора, кремния и натрия; у таких элементов, как алюминий и марганец, примерно одинаковые значения, либо они отклоняются, но совсем незначительно; содержание азота и железа, наоборот, возрастает [10].

Для оценки тесноты связи содержания каждого минерального элемента в от-

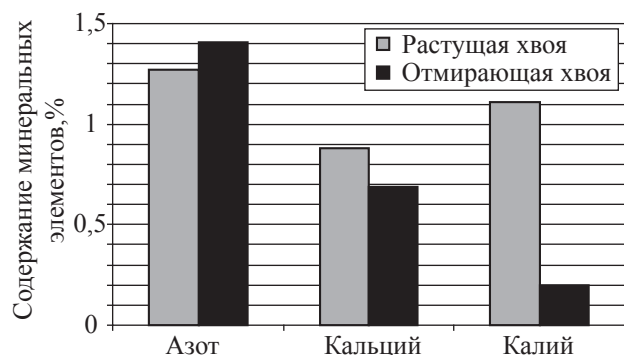


Рис. 2. Изменение содержания азота, кальция и калия в растущей и отмирающей хвое

Fig. 2. Changes in the content of nitrogen, calcium and potassium in the growing and dying needles

мирающей хвое с расстоянием от осушителя был проведен корреляционный анализ полученных нами данных (табл. 3), из которых следует, что содержание таких минеральных элементов, как сера, фосфор и алюминий, находится в высокой коррелятивной связи с расстоянием от осушителя. Содержание натрия находится в значительной связи, а кремния, марганца и азота – в умеренной. Корреляционное отношение этих элементов превышает коэффициент корреляции, что свидетельствует о криволинейной связи. Все рассчитанные показатели достоверны, так как превышают пороговое значение критерия Стьюдента (пороговое значение критерия Стьюдента 2,01 при вероятности 0,95). Показатель криволинейности в данном случае находится в пределах от 0,3 до 0,54, поэтому можно сказать, что связь будет иметь криволинейную зависимость двух признаков. Следует также отметить, что содержание железа, калия, кальция, магния находится в слабой коррелятивной связи с расстоянием от осушителя. Показатели достоверности не превышают пороговое значение критерия Стьюдента.

Выводы

В результате проведенных нами исследований можно сделать следующие выводы:

– с удалением в межканальное пространство происходит снижение суммарного содержания минеральных элементов в отмирающей хвое. Такая же тенденция наблюдается и в растущей хвое. Суммарное содержание всех минеральных элементов в отмирающей хвое в 1,5 раза меньше, чем в растущей.

– в отмирающей хвое деревьев сосны достаточно велика доля азота, кальция, калия и магния. Доля остальных элементов невелика. В отмирающей хвое по сравнению с растущей понизилась доля почти всех минеральных элементов, за исключением азота, натрия и алюминия.

– с удалением от осушителя в отмирающей хвое происходит снижение азота, серы, фосфора, марганца и натрия; возрастает со-

Показатели связи содержания каждого минерального элемента в отмирающей хвое с расстоянием от осушительного канала
Indicators of the correlation between the content of each mineral element in the dying off needles and distance from the drainage channel

Элемент питания	Показатели									
	Коэффициент корреляции	Основная ошибка коэффициента корреляции	Достоверность коэффициента корреляции	Корреляционное отношение	Основная ошибка корреляционного отношения	Достоверность корреляционного отношения	Мера линейности	Основная ошибка меры линейности	Достоверность меры линейности	Показатель криволинейности
Азот	-0,49	0,17	2,9	0,69	0,11	6,0	0,24	0,11	2,2	0,32
Сера	-0,72	0,11	-6,6	0,81	0,07	10,7	0,14	0,08	1,7	0,3
Кремний	0,45	0,18	2,5	0,66	0,12	5,3	0,23	0,1	2,2	0,29
Фосфор	-0,74	0,1	-7,2	0,89	0,04	19,1	0,25	0,11	2,2	0,54
Марганец	-0,36	0,19	-1,8	0,75	0,1	7,8	0,44	0,15	3,0	0,50
Алюминий	0,70	0,11	6,2	0,67	0,12	5,4	0,05	0,05	1,0	0,09
Натрий	-0,67	0,12	5,5	0,75	0,1	7,8	0,11	0,07	1,5	0,21
Железо	0,23	0,21	1,1	0,62	0,14	4,5	0,33	0,13	2,6	0,35
Кальций	0,09	0,22	0,42	0,58	0,14	3,9	0,33	0,13	2,6	0,33
Калий	-0,01	0,22	-0,05	0,57	0,15	3,79	0,32	0,13	2,5	0,33
Магний	0,005	0,22	0,023	0,56	0,15	3,7	0,32	0,13	2,5	0,32

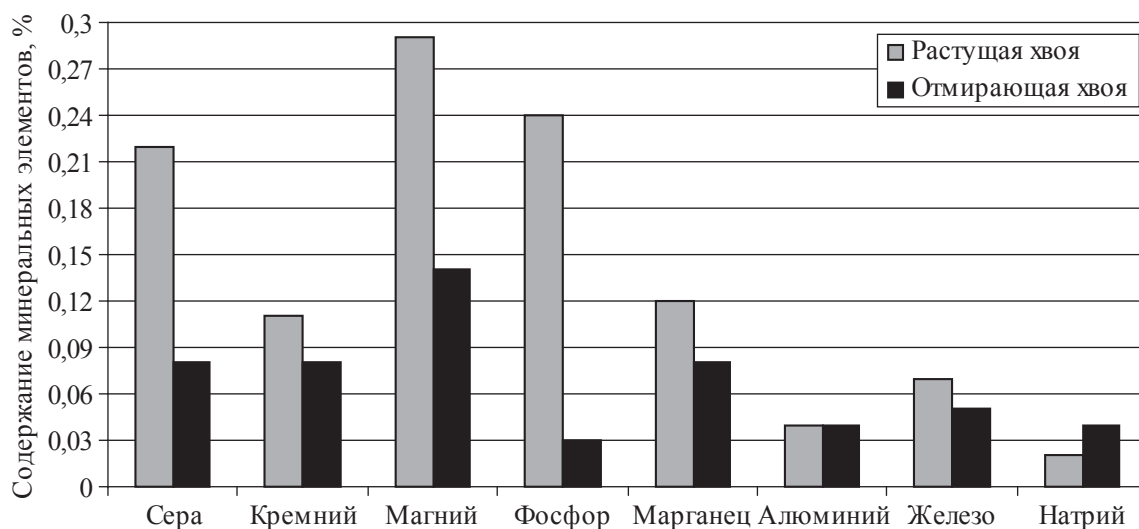


Рис. 3. Изменение содержания минеральных элементов в растущей и отмирающей хвое
 Fig. 3. Changes in the content of mineral elements in the growing and dying off needles

держание кремния, алюминия и железа; магний, кальций и калий почти не реагируют на изменение условий увлажнения.

Библиографический список

1. Бобкова, К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов Европейского Северо-Востока / К.С. Бобкова. – Л.: Наука, 1987. – 156 с.
2. Вомперский, С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения / С.Э. Вомперский. – М.: Наука, 1968. – 312 с.
3. Казимиров, Н.И. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии / Н.И. Казимиров, Р.М. Морозова. – Л.: Наука, 1973. – 175 с.
4. Казимиров, Н.И. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера / Н.И. Казимиров, А.Д. Волков, С.С. Зябченко, А.А. Иванчиков, Р.М. Морозова. – Л.: Наука, 1977. – 304 с.

5. Коновалов, В.Н. Эколого-физиологические особенности хвойных на осушаемых землях / В.Н. Коновалов, Л.В. Зарубина. – Архангельск: САФУ, 2010. – 295 с.
6. Лир, Х. Физиология древесных растений / Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 424 с.
7. Тюкавина, О.Н. Изменение ассимиляционного аппарата, водного режима и структуры годичного кольца сосны под влиянием осушения: дисс. ... канд. с.-х. наук / О.Н. Тюкавина. – Архангельск, 2003. – 20 с.
8. Феклистов, П.А. Изменение экологических условий и рост северотаежных сосняков после осушения / П.А. Феклистов, В.Н. Евдокимов, В.В. Худяков. – Архангельск: АГТУ, 1995. – 52 с.
9. Феклистов, П.А. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне Европейской тайги / П.А. Феклистов, В.Н. Евдокимов, В.М. Барзут – Архангельск: АГТУ, 1997. – 140 с.
10. Хабарова, Е.П. Влияние осушения на содержание минеральных элементов в хвое деревьев сосны / Е.П. Хабарова, П.А. Феклистов, А.Е. Кошелева // Вестник САФУ, 2013. – № 3. – С. 101–108.

CONTENTS OF MINERAL ELEMENTS IN THE DYING OFF NEEDLES OF SCOTCH PINE ON DRAINED AREAS

Habarova E.P., gr. NArFU, Timber institute; **Feklistov P.A.**, Prof. NArFU, Dr.Sci (Agricultural); **Kosheleva A.E.**, Senior Researcher, Center of collective using scientific equipment «Arctic», NArFU, Ph.D (Chemistry)

alena.khabarova2010@yandex.ru, pfeklistov@yandex.ru, kosheleva-an@yandex.ru
Northern (Arctic) Federal University of M.V. Lomonosov, 163002, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Embankment, 17

There has not been enough research on the influence of the draining on the content of mineral nutrition in the growing and dying off needles of the Scotch pine in the North of Europe. Meanwhile, the needles growth depends on the mineral elements supply of the trees. The low content of a mineral element in the needles shows poor supply of the trees with this element and is also accompanied with the suppression of growing processes and, as a consequence, with the decrease in forest productivity. The article represents the research results of draining influence on mineral elements content in the dying off needles of Scotch pine. The growing and dying off needles were checked for the content of the following elements: nitrogen, potassium, phosphorus, calcium, magnesium, sulfur, manganese, silicon, iron, aluminum, sodium. The article offers data on changing both the content of mineral elements in the dying off needles in summary and of every single element; on what mineral elements are held in dying off needles. A comparative analysis of the mineral elements content in dying off and growing needles has been carried out, the trend of nutrition element changes for both every single element and all of them in summary has been calculated. The correlation analysis of the obtained data proves the correlation between the summary content of mineral elements in pine needles and the distance to the dehydrator. Learning the correlation ratio of every single element content and distance from dehydrator shows strong and significant correlation. Regression analysis has been performed to determine the correlation type, it showed that the correlation can be expressed by a linear equation. The distribution in the descending order of all mineral elements the content of which was determined both in growing and dying off pine needles is given in the article.

Keywords: die off needles, growing needles, draining degree, mineral elements, intercanal space, circulation of elements.

References

1. Bobkova K.S. *Biologicheskaya produktivnost' khvoynykh lesov Yevropeyskogo Severo-Vostoka* [Biological efficiency of coniferous forests of the European Northeast]. Leningrad: Nauka Publ., 1987. 156 p.
2. Vomperskiy S.E. *Biologicheskkiye osnovy effektivnosti lesoosuscheniya* [Biological bases of efficiency of forest melioration]. Moscow: Nauka Publ., 1968. 312 p.
3. Kazimirov N.I., Morozova R.M. *Biologicheskii krugovorot veshchestv v el'nikakh Karelii* [Biological circulation of substances in fir groves of Karelia]. Leningrad: Nauka Publ., 1973. 175 p.
4. Kazimirov N.I., Volkov A.D., Zyabchenko S.S., Ivanchikov A.A. *Obmen veshch i energii v sosnovykh lesakh Yevropeyskogo Severa* [Metabolism and energy in the pine woods of the European North]. Leningrad: Nauka Publ., 1977. 304 p.
5. Konovalov V.N., Zarubina L.V. *Ekologo-fiziologicheskkiye osobennosti khvoynykh na osuschaemykh zemlyakh* [Ekologo-fiziologicheskyye features coniferous on the drained lands]. Arkhangel'sk.:SAFU Publ., 2010. 295 p.
6. Lir Kh., Pol'ster G., Fidler G. *Fiziologiya drevesnykh rastenii* [Physiology of wood plants]. – Moscow: Forest industry Publ., 1974. 424 p.
7. Tyukavina O.N. *Izmeneniye assilyatsionnogo apparata, vodnogo rezhima I struktury godichnogo kol'tsa sosny pod vliyaniem osuscheniya. Avtoref. Diss. kand. s-kh. nauk* [Change of the assimilatory device, the water mode and structure of a year ring of a pine under the influence of drainage. Autoabstract of dr. agric. sci. diss.]. 06.03.02. Arkhangel'sk: 2003. 20 p.
8. Feklistov P.A., Evdokimov V.N., Khudyakov V.V. *Izmeneniye ekologicheskikh usloviy I rost severotayozhnykh sosnyakov posle osuscheniya* [Change of ecological conditions and growth of North taiga pine forests after drainage]. Arkhangel'sk: AGTU Publ., 1995. 52 p.
9. Feklistov P.A., Evdokimov V.N., Barzut V.M. *Biologicheskkiye i ekologicheskkiye osobennosti rosta sosny v severnoy podzone evropeyskoy taygi* [Biological and ecological features of growth of a pine in a northern subband of the European taiga]. Arkhangel'sk: IPTS AGTU Publ., 1997. 140 p.
10. Khabarova E.P., Feklistov P.A., Kosheleva A.E. *Vliyaniye osuscheniya na sodержaniye mineral'nykh elementov v khvoe derev'ev sosny* [Influence of drainage on the maintenance of mineral elements in needles of trees of a pine]. Vestnik SAFU [Bulletin NArFU]. 2013. no. 3, pp. 101-108.

ПОЧВЕННАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ПРОИЗРАСТАНИЯ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ В ПИНЕЖСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Е.Н. НАКВАСИНА, проф. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического института С(А)ФУ, д-р с.-х. наук,

Л.В. ПУЧНИНА, зам. директора Государственного заповедника «Пинежский»,

А.В. ВАСИЛЬЕВ, С(А)ФУ

nakvasina@yandex.ru, pinzapno@mail.ru

Лесотехнический институт Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова
163002, г. Архангельск, Наб. Сев. Двины, 17,
ФГБУ «Государственный заповедник «Пинежский»»
164610, Архангельская обл, Пинежский р-н, п. Пинега, ул. Первомайская, 123А

Изучена почвенная приуроченность редких растений (Венерин баймачок настоящий, Калипсо луковичное, Пион уклоняющийся–Марьин корень и Пальчатокоренник Траунштейнера), встречающихся в Пинежском государственном заповеднике. Исследования проводились в 2009 г. на 30 стационарных площадках систематических наблюдений. Установлено, что пион и калипсо предпочитают хорошо дренированные аллювиальные дерновые почвы с относительно мощным дерновым горизонтом, развивающиеся под разными типами леса. Калипсо, в отличие от пиона, легче выдерживает поверхностное заболачивание благодаря клубневой форме корневища и может встречаться на заболоченных почвах в пойменных ельниках. Венерин баймачок имеет более широкий спектр условий произрастания. Он может встречаться в лесах с различным составом древостоя, но предпочитает ельники с разнотравным напочвенным покровом на пойменных аллювиальных дерновых примитивных или дерново-карбонатных маломощных почвах с легким гранулометрическим составом, отличающихся хорошей дренированностью. Его также можно встретить и на склоновых почвах, по берегам озер на торфяной переходной (верховой) почве с высоким уровнем грунтовых вод. Все три редких вида растут на минерализованных нейтральных или слабощелочных почвах, развивающихся на карбонатных отложениях. В то же время Пальчатокоренник приурочен к более кислым почвам с реакцией среды от нейтральной до слабокислой. Он встречается в сосняках на заболоченных берегах озер с ключевым водным питанием и на ключевых осоково-гипновых болотах с торфяными верховыми слабоминерализованными почвами.

Ключевые слова: редкие растения, почвы, карбонатные отложения

Территория Пинежского государственно-го заповедника отличается повышенным разнообразием почв на Европейском Севере России, что связано с особенностями почвообразующих пород. Здесь встречаются дву-членные валунные моренные отложения, пылеватые суглинки, пески, озерно-ледниковые глины, а также красноцветные отложения, доломиты, мергели, плотные гипсы. В результате в почвенном покрове заповедника насчитывается 43 почвенных разности, относящихся к 15 типам почв, представленных как типичными и широко распространенными в северном регионе подзолистыми, болотно-подзолистыми, торфяными почвами верховых болот, так и уникальными грубогумусными неполно развитыми сульфорефендами [1–3].

Почвы Пинежского заповедника, в т.ч. долины Сотки, описаны С.В. Горячкиным [4, 5]. В пойме р. Сотки они представлены аллювиальными, аллювиальными дерновыми и аллювиальными дерново-карбонатными почвами. В местах некоторого переувлажнения почвенного профиля формируются аллюви-

альные дерново-перегнойные почвы, а на наиболее низких и сырых участках поймы под гидрофильным разнотравьем развиваются иловато-торфяные почвы.

Особенностью микроклимата Сотки является пониженный, по сравнению с водораздельными территориями, температурный фон, обусловленный слабо прогреваемой каньонообразной долиной реки. Здесь позже (на 7–10 дней) сходит снег, а оттаивание почвенных горизонтов наблюдается в некоторые годы во второй половине июня. В этих условиях на плоских участках пойм в еловых лесах с развитым моховым покровом (*Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*) формируется мощный слой оторфованной подстилки.

При наличии почвенного разнообразия важно выявить педогенную приуроченность редких растений для выявления потенциальных мест их локализации. Эдафический фактор может быть решающим в их распространении. Изучение свойств почв в их местообитаниях будет способствовать вы-

Характеристика ландшафта и почвы в местах произрастания редких растений
Characteristics of the landscape and soil in the rare plants areas

№ ПП	Ландшафт	Состав и тип леса	Почвообразующая порода	Почва	Верхние горизонты
Пион–Марьин корень					
P2C*	Пойма	9Б1Е тр.	Крупнозернистый карбонатный песок	Аллювиальная дерновая мало-мощная примитивная супесчаная, окарбоначенная	Ad – 3 см, A ₁ – 12 см
P21C*	Пойма	9Б1Е тр.	Карбонатный аллювиальный песок	Аллювиальная дерновая легкосуглинистая окарбоначенная	A ₀ – 1 см A ₁ – 9 см
Пальчатокоренник Траунштейнера					
P2П*	Ключевое осоково-гипновое болото.	Единично сосна и береза	Н.о.	Торфяная переходная	A ₀ ^т – 3 см T ₁ – 15 см
P3П(1)*	Заболоченный берег озера	10 С ос.	Н.о.	Торфяная переходная	A ₀ ^т (Т) – 4 см T ₁ – 16 см
P3П(2)*	Заболоченный берег озера	10 С ос.	Н.о.	Торфяная переходная	A ₀ ^т (Т) – 2 см T ₁ ^п – 6 см
Венерин башмачок					
P4C	Пойма	10Е тр.	Слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая легкосуглинистая маломощная примитивная окарбоначенная	A ₀ – 4 см A ₁ – 4 см
P5C	Пойма	10Е тр.	Карбонатный тяжелый суглинок.	Дерново-перегнойная грунтово-глеевая среднемощная среднесуглинистая окарбоначенная	A ₀ ^т – 4 см A ₁ ^п – 20 см
P7C	Пойма	9Е1Б тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная примитивная слабообразованная окарбоначенная	A ₀ ^т – 9 см
P8C	Пойма	9Е1Б тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная среднемощная супесчаная окарбоначенная	A ₀ ^т – 8 см A _{1Ca} – 13 см
P10C*	Пойма	6Б4Е тр.	На погребенных почвах	Дерново-карбонатная супесчаная маломощная	Ad – 2 см A _{1Ca} – 3 см
P11C*	Пойма	6Е4Б мох, тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная слабообразованная супесчаная окарбоначенная	A _{0т} – 8 см C _{Ca} – 6 см
P12C	Пойма	6Б4Е тр.	На погребенных почвах	Дерново-карбонатная супесчаная маломощная	Ad – 2 см A _{1Ca} – 3 см
P13C	Пойма	6Б4Ол тр.	Карбонатная супесь	Дерново-карбонатная маломощная супесчаная	Ad – 3 см A _{1Ca} – 12 см
P20C	Пойма	7Е3Б тр.	Карбонатный выщелоченный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная легкосуглинистая окарбоначенная	A _{0т} – 4 см A ₁ – 6 см
P23C*	Склон	6Е4Б тр.	Смыв красноцветных пород	Погребенная дерново-карбонатная среднесуглинистая склоновая	C _{ca} – 19 см
P4П	Заболоченный берег озера	10С куст.-тр.	Н.о.	Торфяно-перегнойная переходная	A ₀ ^т – 5 см T ₁ ^п – 15 см
Калипсо луковичная					
P9C	Пойма	9Е1Б зел.-мош.	Карбонатный песок	Иловато-торфяная остаточнокорбонатная	T ₁ – 18 см A ₁ ^т Ca – 2 см
P14C	Пойма	5Е5Б тр.	Слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая маломощная примитивная супесчаная	A _d – 2 см A ₁ – 7 см

№ ПП	Ландшафт	Состав и тип леса	Почвообразующая порода	Почва	Верхние горизонты
P16C*	Пойма	6Е2Б2Л бр.-тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая мало-мощная супесчаная окарбоначенная	$A_0^T - 9$ см $A_1 - 13$ см
P17C	Пойма	9Е1Б тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная супесчаная окарбоначенная	$A_0^T - 9$ см $A_1 - 1$ см
P18C	Пойма	8Е2Б тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная супесчаная окарбоначенная	$A_0^T - 10$ см $A_1 - 1$ см
P19C	Пойма	8Е2Б тр.	Карбонатный выщелоченный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная супесчаная	$A_0 - 7$ см $A_1 - 3$ см
P22C*	Склон долины реки	7Е3Б бр.-тр.	Красноцветные супесчаные породы	Дерновая слабообразованная супесчаная	$A_0^T - 13$ см $A_1 - 3$ см
P25C	Пойма	6Е4Б тр.	Слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная легкосуглинистая	$A_0^T - 10$ см $A_1(C) - 4$ см
P26C*	Пойма	10Е тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная примитивная дерновая	$A_0 - 10$ см $C_{Ca} - 6$ см

рациванию видов на окультуренных территориях, поможет сохранять существующее биоразнообразие и восстанавливать численность исчезающих видов.

Цель наших исследований – проследить почвенную приуроченность редких растений, встречающихся в Пинежском государственном заповеднике.

Исследования проводились в 2009 г. на 30 стационарных площадках систематических наблюдений, на которых сотрудниками ПГЗ ежегодно учитывается численность редких растений, их жизненность, структура популяций и т.п. Точки наблюдения за Венериным башмачком настоящим (*Surgipedium calceolus* L.), Калипсо луковичной (*Calypso bulbosa* (L.) Reichb.) и Пионом уклоняющимся–Марьиным корнем (*Raeonia anomala* L.) расположены в долине реки Сотки; за Пальчатокореником Траунштейнера (*Orchis traunsteineri* Saut. ex Reichb.) – вблизи озер Паловое и Першковское. Все растения относятся к категории 3 (R) редкий вид [6]. Названия видов приводятся по С.К. Черепанову [7].

На каждой площадке определены ландшафтные характеристики, состав древостоя и тип леса, дана характеристика подроста, подлеска и живого напочвенного покрова. Почвенные разрезы закладывали в местах

произрастания больших популяций вида, располагая их так, чтобы не повредить особи и не нанести вред естественным экосистемам заповедника. При повторении условий произрастания видов и в местах небольших популяций ограничивались прикопками. Почвенные разрезы и прикопки описывали по общепринятым методикам [8], фотографировали, отбирали образцы каждого горизонта для проведения агрохимических анализов. Диагностику почв проводили по классификации 1977 г. В лабораторных условиях для верхних горизонтов почвы определена зольность методом прокаливания и рН водной вытяжки. Анализы проводили в соответствии с методическими руководствами [9, 10].

Три вида редких растений (Венерин башмачок, Калипсо луковичная и Пион–Марьяин корень) отличаются достаточно близкой педогенной амплитудой, что отражается как в типологической почвенной приуроченности (табл. 1, 2), так и в свойствах верхних (корнеобитаемых) слоев почвы (табл. 3). В то же время у них просматривается определенная экологическая вариабельность.

Популяции Венериного башмачка преимущественно формируются в пойме на аллювиальных слоистых окарбонированных почвах, встречаются на дерново-карбонатных

Характеристика ландшафта и почвы при смешанном произрастании редких растений
Characteristics of the landscape and soil in the rare plants mixed habitat

№ ПП	Виды растений	Ландшафт	Состав и тип леса	Почвообразующая порода	Почва	Верхние горизонты
РРЗС*	Калипсо, Венерин башмачок и Пион	Пойма	8Е2Б тр.	Слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая легкосуглинистая маломощная примитивная	A ₀ – 2 см A ₁ – 13 см
РР11С*	Венерин башмачок и Пион	Пойма	6Е4Б мох.-тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная слабообразованная супесчаная окарбонатенная	A ₀ ^т – 8 см C _{Ca} – 6 см
Р6С	Венерин башмачок и Калипсо	Пойма	10Е тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная маломощная супесчаная окарбонатенная	A ₀ – 10 см A ₁ – 2 см
Р15С	Венерин башмачок и Калипсо	Пойма	10 Е тр.	Карбонатный слоистый аллювий	Аллювиальная дерновая примитивная супесчаная окарбонатенная	A ₀ ^т – 5 см A ₁ – 2 см

Т а б л и ц а 3

Агрохимическая характеристика почв под редкими растениями
Agrochemical characteristics of soils with rare plants

Вид	Зольность, %	pH водн.
Пион	42–90	6,39–7,35
Пальчатокоренник	4–6	6,06–6,54
Венерин башмачок	42–83	6,39–7,44
Калипсо	19–83	6,17–7,37

Т а б л и ц а 4

Описание типичной почвы (ПП Р8С)*
Description of a typical soil (ПП Р8С)*

Почвенный горизонт	Границы/ мощность	Морфологическое описание
A ₀ ^т	0–8 8см	Лесная подстилка, сверху бурая, ниже темно-серая, рыхлая, свежая. Имеется неразложившаяся или слабообразованная хвоя, шишки, мох.
A _{1Ca}	8–21 13см	Дерновый горизонт, желтовато-бурый до темно серого в нижней части, с мозаикой пятен светло-серого до темно-серого цвета, супесчаный, мелкокомковатый, рыхлый, свежий, единично встречаются корни.
[B-C] _{1Ca}	21–25 4см	Желтовато-бурый, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, свежий. Новообразований и включений нет. Переход резкий.
[A ₁] _{2Ca}	25–27 2см	Серый, супесчаный, неопределенной структуры, рыхлый. Встречаются единично корни диаметром 3 мм. Переход ясный по ровной линии.
[B-C] _{2Ca}	27–32 5см	Желтовато-бурый песок, бесструктурный, рыхлый, свежий, с песчинками карбонатов, переход заметный.
[A ₁] _{3Ca}	32–33 1см	Серый песок, бесструктурный, рыхлый, свежий, с песчинками карбонатов, переход заметный.
[B-C] _{3Ca}	С 33 см	Желтовато-бурый песок, бесструктурный, рыхлый, свежий, с песчинками карбонатов

*Почва аллювиальная дерновая примитивная средномощная супесчаная на карбонатном слоистом аллювии

Описание типичной почвы (ПП P19C)*
Description of a typical soil (ПП P19C)*

Почвенный горизонт	Границы/ мощность	Морфологическое описание
A ₀	0–7 7 см	Лесная подстилка, сверху бурая, ниже до темно-бурой, свежая, рыхлая. Встречаются корни до 2 мм, слаборазложившиеся растительные остатки мхов, корней
A ₁	7–10 3 см	Дерновый горизонт, серовато-палевый, легкосуглинистый, рыхлый, свежий. Переход в горизонт C _{ca} заметный
C _{ca}	с 10 см	Прослойки разной окраски, чаще желтовато-бурые, супесчаные, рыхлые, чередуются с почти черными супесчаными рыхлыми

*Почва аллювиальная дерновая примитивная супесчаная на слоистом выщелоченном карбонатном аллювии

почвах, как правило, автоморфного увлажнения, на гривах центральной поймы (табл. 4).

Для мест произрастания Венериного башмачка характерны легкие супесчаные почвы, реже легко- или среднесуглинистые, нейтральной или слабощелочной реакции среды. Как правило, эти почвы имеют достаточно мощный дерновый (дерново-перегнойный) горизонт глубиной до 20 см с зольностью 71–83 %. Близость вод проточного увлажнения провоцирует легкое оторфянивание верхних горизонтов почв, в первую очередь лесной подстилки. Только в одной точке наблюдения (P4П) отмечено разрастание Венериного башмачка на заболоченном берегу на торфяно-перегнойной минерализованной почве (зольность 42 %).

Большинство мест произрастания Венериного башмачка приурочено к ельникам (6–10 E) с примесью березы в составе. Реже (на дерново-карбонатных почвах) он встречается в березняках с елью или ольхой. Единичные популяции зафиксированы на заболоченных участках переходного типа, в сосняках.

Популяции Калипсо луковичной приурочены к пойменным ельникам с присутствием березы и лиственницы в составе древостоя, которые формируются на аллювиальных почвах, чаще окарбонатных, в центральной или прирусловой части поймы (табл. 5).

Для почв характерно проточное увлажнение с временным избыточным увлажнением в весенне-осенний период. Подземная часть Калипсо луковичной обычно полностью располагается в толще оторфованной подстилки, мощностью 8–10 (до 18) см. Меньшая пот-

ребность в плодородии почв отражается в наличии маломощного дернового горизонта (1–4 см, реже до 13 см), который при усилении переувлажнения может полностью отсутствовать (оторфяниваться). Это отражается в значительных колебаниях зольности верхних корнеобитаемых горизонтов почв (от 19 до 83 %). Окарбонатность почвообразующих пород (слоистые аллювиальные отложения) поддерживает нейтральную и слабощелочную среду почвы.

Пион–Марьин корень преимущественно встречается в березняках (9B1E) на аллювиальных песчаных почвах при отсутствии признаков переувлажнения. Ниже приведено описание типичной почвы в популяции пиона (ПП P21C*) (табл. 6)

В качестве материнских пород выступают карбонатные пески, поддерживающие нейтральную и слабощелочную реакцию среды почвы. Мощное горизонтальное корневище пиона располагается в толще дернового горизонта (A1 9–13 см). Кроме того, пион может встречаться в пойменных ельниках (состав 6-8E2-4B), где выдерживает поверхностное заболачивание (зольность 42 %) и полное отсутствие дернового горизонта. В этом случае плодородие почвы компенсируется расположенными близко к поверхности органогенными прослойками слоистого аллювия. Однако снижение плодородия почв приводит к уменьшению численности популяции.

Венерин башмачок, Калипсо луковичная и пион нередко произрастают вместе, что говорит о близости экологических особеннос-

Описание типичной почвы в популяции пиона (ПП P21C*)*
Description of a typical soil of the population of the pion (ПП P21C*)*

Почвенный горизонт	Границы/ мощность	Морфологическое описание
A ₀	$\frac{0-1}{1}$ см	Лесная подстилка, рыхлая, слаборазложившаяся, состоит из опада листвы, мха, трав
A ₁	$\frac{1-10}{9}$ см	Дерновый горизонт, сверху темно-серый к низу постепенно светлеет, легкосуглинистый, мелкокомковатой структуры, рыхлый, свежий. Густо переплетен мелкими корнями, встречаются корни до 3 мм, видна белая песчаная присыпка. Переход в горизонт B _{Ca} заметный по ровной линии
B _{Ca}	$\frac{10-49}{39}$ см	Переходный горизонт, неоднородной окраски от светло-серой до желтовато-палевой, с мозаикой пятен. Гранулометрический состав сменяется от легкого суглинка до супеси, рыхлый, влажный. Структура мелкоглыбистая, удерживается сплетением мелких корней, распадается на неясную мелкокомковатую. Встречаются вкрапления карбонатного песка. Горизонт в верхней части переплетен корнями. Переход в горизонт C _{Ca} ясный по ровной линии
C _{Ca}	C 49 см	Желто-палевый, связнопесчаный, бесструктурный, рыхлый, свежий. Встречаются карбонатные песчинки

*Почва аллювиальная дерновая легкосуглинистая на карбонатных аллювиальных песках.

Описание типичной почвы (ПП P2П)*
Description of a typical soil (ПП P2П)*

Почвенный горизонт	Границы/ мощность	Морфологическое описание
A ₀ ^т	$\frac{0-3}{3}$ см	Лесная подстилка, темно-серая, рыхлая, сырая. Присутствует слаборазложившийся мох и травянистые растения
T ₁	$\frac{3-18}{15}$ см	Темно-бурый, торфяной, рыхлый, мокрый, средне- и сильно-разложившийся, густо переплетен мелкими корнями трав
T ₂	C 18 см	Торфяной, бурый, светлее вышележащего, средне- и сильно разложившийся

*Почва торфяная верховая (переходная)

тей видов. Местами совместного произрастания (табл. 2), как правило, являются пойменные травяные ельники с аллювиальными супесчаными/легкосуглинистыми почвами, отличающиеся хорошим дренажом. Легкое поверхностное заболачивание, выражающееся в оторфянивании лесной подстилки, не мешает их произрастанию. Плодородие почв поддерживается высокой минерализацией (зольность 42–83 %) и нейтральной реакцией среды, связанной с окарбоначенностью отложений.

В отличие от них места произрастания Пальчатокоренника Траунштейнера расположены в сфагновых сосняках (10С) с торфяными почвами верхового типа заболачивания с сильной/средней степенью разложения торфа до перегнойности.

Как правило, это переувлажненные ландшафты, представленные берегами озер или ключевыми болотами с осоково-моховыми залежами торфа с зольностью 4–6 % и с нейтральной и слабокислой реакцией среды. Значительные отличия условий произрастания Пальчатокоренника препятствует его комбинированному произрастанию с вышеперечисленными видами.

Проведенные исследования позволили выявить почвенную приуроченность ряда редких растений в Пинежском государственном заповеднике. Установлено, что пион–Марьин корень и Калипсо луковичная предпочитают хорошо дренированные аллювиальные дерновые почвы, развивающиеся под разными типами леса, с относительно мощным дерновым горизонтом.

Венерин башмачок настоящий имеет более широкий спектр условий произрастания. Он может встречаться в лесах с различным составом древостоя, но предпочитает ельники с разнотравным напочвенным покровом на пойменных аллювиальных дерново-примитивных или дерново-карбонатных маломощных почвах с легким гранулометрическим составом, отличающихся хорошей дренированностью. Его также можно встретить и на склоновых почвах, по берегам озер на торфяной переходной (верховой) почве с высоким уровнем грунтовых вод.

Венерин башмачок настоящий, калипсо луковичная и пион-Марьин корень растут на минерализованных нейтральных или слабощелочных почвах в условиях окисления почв с залегающими ниже карбонатными отложениями. Пальчатокоренник Траунштейнера приурочен к более кислым почвам с реакцией среды от нейтральной до слабокислой. Он встречается в сосняках на переувлажненных берегах озер с ключевым водным питанием и на ключевых осоково-гипновых болотах с торфяно-перегнойными верховыми слабоминерализованными (зольность 4–6 %) почвами.

SOIL TIMED OF RARE PLANT GROWING IN THE PINEZHISKY STATE RESERVE

Nakvasina E.N., Prof. NArFU, Dr.Sci. (Agricultural); Puchnina L.V., Pinezhsky State Reserve; Vasil'ev A.V., NArFU

nakvasina@yandex.ru, pinzapno@mail.ru

Forest Engineering Institute, Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov, 163002, Arkhangelsk, st. Naberegnaya Sev.Dviny, 17

Pinezhsky State Reserve, 164610, Arkhangelsk region, Pinezhsky district, p. Pinyega, st. Pervomayskaya, 123A

The soil timed of rare plants (Cypripedium calceolus L., Calypso bulbosa (L.) Reichb., Paeonia anomala L. and Orchis traunsteineri Saut. Ex Reichb.), found in Pinezhsky State Reserve, has been studied. The research was conducted in 2009 at 30 fixed areas of systematic observations. It was established that Paeonia anomala and Calypso bulbosa grow on well-drained alluvial sod soils with relatively powerful sod horizon, developing at different forest types. Calypso bulbosa, unlike Paeonia anomala, can better withstand surface waterlogging due to the tuberous rhizomes form and may be found in the waterlogged soils of the floodplain spruce forests. Cypripedium calceolus has a wider range of growing conditions. It can be found in forests with different stand composition, but prefers spruce with forb ground cover on floodplain alluvial sod and primitive or calcareous soils with low-power light grain texture and good drainage. It can also be seen on the sloping soils of the lake shores, peat transition (horse) soil with high groundwater levels. At the same time, Orchis traunsteineri grows on more acidic soils with the medium reaction from neutral to weak acidity. It can be found in pine forests on the swampy shores of the lakes with key water supply and on the key sedge peat bogs on peat upland weak-mineralized soils.

Keywords: rare plants, soil, carbonate deposits

References

1. Pinezhskiy zapovednik [Pinezhsky Reserve]. Arkhangel'sk, 1996. 25 p.
2. Goryachkin S.V., Shavrina E.V. *Genezis, evolyutsiya i dinamika pochvenno-geomorfologicheskikh sistem karstovykh landshaftov evropeyskogo Severa* [Genesis, evolution and dynamics of soil-geomorphic systems karst landscape of Northern European]. Pochvovedenie [Journal of Soil Science]. 1999. № 10. pp. 1173-185.
3. *Struktura i dinamika prirodnikh komponentov Pinezhskogo zapovednika* [Structure and dynamics of natural ingredients Pinezhsky Reserve]. Arkhangel'sk, 2000. 267 p.

Библиографический список

1. Захарченко, Ю.В., Пинежский заповедник / Ю.В. Захарченко. – Архангельск, 1996. – 25 с.
2. Горячкин, С.В. Генезис, эволюция и динамика почвенно-геоморфологических систем карстовых ландшафтов европейского Севера / С.В. Горячкин, Е.В. Шаврина // Почвоведение – 1999. – № 10. – С. 1173–1185.
3. Пучнина, Л.В. Структура и динамика природных компонентов Пинежского заповедника / Л.В. Пучнина – Архангельск, 2000. – 267 с.
4. Горячкин, С.В. Почвенный покров / С.В. Горячкин // Структура и динамика природных компонентов Пинежского заповедника (Северная тайга ЕТР, Архангельская область). – Архангельск, 2000. – С. 56–64.
5. Горячкин, С.В. Почвенная карта Пинежского государственного заповедника. Объяснительная записка к карте и легенде к ней / С.В. Горячкин. – М., 1989. – 128с.
6. Красная книга Архангельской области / Администрация Арханг. обл. – Архангельск: Ком. по экологии Арханг. обл., 2008. – 351 с.
7. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. – СПб., 1995. – 990 с.
8. Наквасина, Е.Н. Полевой практикум по почвоведению / Е.Н. Наквасина, В.С. Серый, Б.А. Семенов. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 127 с.
9. Агрохимические свойства почв: учеб. пособие / Е.Н. Наквасина. – Архангельск: АГТУ, 2009. – 101 с.
10. ГОСТ 27784-88. Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв. – М.: Гос. комитет по стандартам, 1988. – 7 с.
11. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Гос. комитет по стандартам, 1988. – 10 с.

4. Goryachkin, S.V. *Pochvennyy pokrov. Struktura i dinamika prirodnykh komponentov Pinezhskogo zapovednika* (severnaya tayga ETR, Arkhangel'skaya oblast') [Soil cover. Structure and dynamics of natural ingredients Pinezhsky Reserve (northern taiga ETR, Arkhangelsk region)]. Arkhangel'sk, 2000. pp.56-64.
5. Goryachkin, S.V. *Pochvennaya karta Pinezhskogo gosudarstvennogo zapovednika Ob'yasnitel'naya zapiska k karte i legende k ney* [Soil map Pinezhsky State Reserve. Explanatory note to the map and legend to her.]. Moscow, 1989. 128 p.
6. *Krasnaya kniga Arkhangel'skoy oblasti* [The Red Book of the Arkhangelsk Region]. – Arkhangel'sk: The Environmental Committee of the Arkhangelsk Region, 2008. 351 p.
7. Cherepanov, S.K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv* [Vascular plants of Russia and Neighboring Countries]. Saint Petersburg, 1995. 990 p.
8. *Polevoy praktikum po pochvovedeniyu* [Field Workshop on Soil]. Arkhangel'sk: Arkhangelsk State Technical University, 2007. 127 p.
9. *Agrokhimicheskie svoystva pochv: ucheb. posobie* [Agrochemical properties of soils: proc. allowance]. Arkhangel'sk: Arkhangelsk State Technical University, 2009. 101p.
10. *GOST 27784-88. Pochvy. Metod opredeleniya zol'nosti torfyanykh i otorfovannykh gorizontov pochv* [GOST 27784. soils. Method for determination of ash content of peat and peaty soil horizons.]. Moscow: State Committee on Standards, 1988. 7 p.
11. *GOST 26423-85. Pochvy. Metody opredeleniya udel'noy elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki* [GOST 26423. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract]. Moscow: State Committee on Standards, 1988. 10 p.

СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЕГО ЗАПАСЫ В ПОЧВАХ КАРЕЛИИ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ НА КОРЕННЫХ ПОРОДАХ

О.Н. БАХМЕТ, доц., лаборатория лесного почвоведения Институт леса КарНЦ РАН,
канд. биол. наук

obahmet@mail.ru

ФГБУН Карельский научный центр Российской академии наук
185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Проведены исследования органического вещества почв, формирующихся на различных по минералогическому и химическому составу коренных горных породах (от бедных по составу гранитов до богатых элементами минерального питания растений мраморов, доломитов и шунгитовых сланцев). Для того, чтобы выделить влияние литологического фактора на запасы и состав органического вещества почв, пробные площади подбирались в одних климатических условиях (среднетаежная подзона Карелии) и одинаковых по породному составу и возрасту лесах (сосняках 40–80 лет). На богатых по составу, но глубоко метаморфизованных и, соответственно, обладающих значительной устойчивостью к выветриванию коренных породах (например, порфиритах титаномагнетитового оруденения или вулканической брекчии) органическое вещество почв трансформируется крайне медленно. Основные запасы его накапливаются на дневной поверхности в виде лесной подстилки, лишь незначительная часть находится в минеральной толще почвы. Тип формирующегося в данных условиях гумуса – фульватный, т.е. в его составе преобладают фульвокислоты. В менее устойчивых породах (например, доломитах) складываются более благоприятные условия для жизнедеятельности биоты, активнее протекает преобразование органического вещества почв, о чем свидетельствует соотношение гуминовых и фульвокислот (>1). Органическое вещество в таких почвах в значительной степени мигрирует вниз по почвенному профилю и накапливается в минеральной толще. Таким образом, проведенные исследования почв показали, что на состав органического вещества и характер его накопления оказывают влияние не только минералогические и химические особенности почвообразующей породы, но и в значительной степени устойчивость ее к выветриванию.

Ключевые слова: почва, коренные породы, органическое вещество, запасы, состав, лес.

Почвообразующая порода влияет на скорость почвообразования, направление процесса, плодородие почв. Скорость формирования почвы определяется устойчивостью породы к воздействию биоклиматических факторов [8]. Уровень плодородия почв во многом зависит от ее состава, сложения и структуры, на бедных по содержанию элементов минерального питания породах никогда не сформируются высокоплодородные почвы [1]. Вещественный состав и свойства горных пород наиболее значительно сказываются на свойствах молодых и маломощных почв [9].

Минералогический, гранулометрический, химический состав и свойства почвообразующих пород определяют видовой и, следовательно, биохимический состав фитоценозов, их продуктивность, скорость разложения опада и характер продуктов разложения [10, 11]. Таким образом, почвообразующая порода и сформировавшиеся на ней почвы существенно влияют на характер биологического круговорота на всех его этапах, а также определяют биологическое разнообразие.

На выходах кристаллических пород на дневную поверхность поселяются лишай-

Лесоводственно-таксационная характеристика сосняков на коренных породах
Forestry and taxation characteristics of pine forests on bedrock

№ пп	Порода	Состав пород	А, лет	Полнота	Класс бонитета	Тип леса
6	граниты	10С едБ, Е	45	0,5	IV,8	С. брусничный скальный
9	брекчия диабазов	10С+Б, ед Ол.с	50	0,5	IV,0	С. брусничный скальный
13	основные вулканыты	10С+Б	80	0,5	IV,4	С. черничный скальный
14	порфириды	10С (50) едС(160)Б	50	0,65	IV,4	С. брусничный скальный
19	мраморы	9С1Б+ Ос	85	0,7	III,1	С. чернично-разнотравный скальный
20	доломиты	10СедЕ, Ол.с	40	0,5	II,8	С. черничный скальный
21	шунгитовые сланцы	9С1Еед Б,Ос	30	0,5	III,4	С. брусничный скальный

ники, способные фиксировать атмосферный азот, что приводит к накоплению органического вещества и химическому выветриванию кристаллических пород, в результате чего формируются примитивные почвы.

На элювии и элюво-делювии основных или средних почвообразующих пород, богатых невыветрелыми минералами, формируются почвы с бурым слабо дифференцированным профилем – подбуры. Химический состав коренных пород, специфика биологического круговорота веществ обуславливают формирование в этих почвах кислого грубого гумуса [2, 3]. Своеобразны почвы, развивающиеся на элювии шунгитовых сланцев, они имеют почти черную окраску, профиль слабо дифференцирован на горизонты, хорошо выражен лишь гумусово-аккумулятивный горизонт, постепенно переходящий в почвообразующую породу [2].

Целью наших исследований было установление особенностей состава и запасов органического вещества почв, сформировавшихся на различных по химическому составу коренных породах.

Объекты и методы

Структура исследованной части Балтийского щита определяется Карельским блоком. Он представляет в регионе наиболее сложную структуру, в строении которой участвуют разновозрастные геологические комплексы от нижнего архея до верхнего протерозоя [4, 5]. Основу ее, как и в целом в Карелии, составляют кислые метаморфические породы.

Поэтому в качестве зонального варианта почвообразования был выбран участок на кислых кристаллических породах – гранито-гнейсах.

Массив этих пород прорывается многочисленными интрузивными образованиями различного состава, от кислых до ультраосновных. Для изучения начальных стадий почвообразования на основных и ультраосновных породах был подобран ряд пробных площадей: на мраморе, доломитах, базальтах, шунгитах и вулканических брекчии и туфах диабазов (метаморфические и осадочные породы).

Для того чтобы вычленить влияние литологического фактора в почвообразовании сформировавшихся здесь почв, пробные площади были подобраны в насаждениях одного породного состава – сосняках без ограничения площади в натуре. Таксация древостоев приведена в табл. 1.

Пробные площади расположены в одном климатическом районе в среднетаежной подзоне Карелии, что исключает влияние климатических факторов на разницу в производительности обследованных древостоев. Сумма положительных температур +10° и выше в год в данном районе составляет 1405° (1330–1480), годовое количество осадков – 680 мм. При данных климатических условиях максимально возможная производительность сосновых древостоев, произрастающих в оптимальных почвенно-гидрологических условиях, может достигать 1а,5 класса бонитета.

В наиболее типичных участках почвенного покрова биогеоценоза закладывали почвенные разрезы, определяли их морфологическое

Физико-химические параметры исследованных почв
Physico-chemical parameters of the soils

Пробная площадь	Горизонт	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	N	C/N
			мг/100 г а.с.п.		%		
Подзол маломощный на гранитогнейсах							
6	Ао	3,29	53,7	141,1	50,4	1,18	42,7
	А2	3,32	101,9	3,6	1,05	0,06	17,5
	Вf	4,92	127,1	3,7	1,76	0,12	14,7
Подзол маломощный на вулканической брекчии							
9	Ао	4,85	80,7	96,9	38,4	1,05	36,6
	Вf	4,52	99,4	41,5	1,42	0,08	17,2
	BC	4,36	134,4	5,4	2,95	0,15	19,7
Примитивная почва на порфиридах титаномагнетитового оруденения							
14	Ао	3,04	37,6	92,4	42,8	1,41	30,4
	BC	4,93	170	1,4	0,6	0,06	10,0
Подбур маломощный на доломитных мраморах							
19	Ао	4,69	57,8	40,1	24,5	1,03	23,8
	А1В	4,77	114,7	32,6	5,17	0,29	17,8
Подбур маломощный на доломитах							
20	Ао	4,03	42,8	78	32,6	1,39	23,5
	А1В	4,56	173,7	5,6	3,1	0,25	12,4
Почва на шунгитовых сланцах							
21	Ао	4,22	38,5	129,3	32,7	1,29	25,3
	А1В	4,03	11,5	5,76	4,0	0,27	14,8
	BC	4,04	19,32	69,4	3,9	0,27	14,4

строение. Особое внимание уделяли строению органопрофиля (характер гумуса, степень разложённости органического материала).

По генетическим горизонтам отбирали почвенные образцы для проведения стандартных химических анализов по общепринятым методикам [6]. Кроме традиционных физико-химических и химических свойств исследовали групповой и фракционный состав органического вещества для различных генетических горизонтов почв.

Для характеристики запасов органического вещества в почве в целом запасы в лесной подстилке определяли отдельно, а затем суммировали с запасами в минеральной толще.

Результаты и обсуждение

Исследованные почвы относятся к следующим типам: примитивным, подзолистым, дерново-карбонатным и дерново-шунгитовым.

Исследованные примитивные почвы сформировались на основных и ультраосновных коренных породах – пироксенитах, основных вулканитах и порфиридах титаномагнетитового оруденения. Данные химического состава этих пород позволяют предполагать, что почвы, формирующиеся на них, будут обладать большими запасами элементов минерального питания.

Однако эти породы имеют высокую плотность сложения и соответственно большую устойчивость к разрушению. В настоящее время они мало нарушены выветриванием и почвообразование здесь находится на начальных стадиях. За период, прошедший после схода ледника, в их профиле появился, кроме органогенного, минеральный щебнистый горизонт. Морфологическое строение исследованных примитивных почв – Ао–BC, мощность всей почвенной толщи составляет 7–11 см.

Содержание элементов минерального питания в них достаточно высоко (табл. 2). Однако мощность примитивных почв и соответственно запас питательных элементов явно недостаточны для хорошего произрастания растений. Примитивные почвы характеризуются высокой кислотностью, особо низкие значения pH отмечены в лесной подстилке. В горизонте BC по сравнению с органогенным величина pH снижается более, чем на единицу. Основное количество гумуса и азота сосредоточено в лесной подстилке, в минеральном горизонте отмечается их незначительное содержание.

Фракционный состав органического вещества исследованных почв
Fractional composition of the organic matter of the soils

№ п/п	Гори- зонт	Фракции ГК				Фракции ФК					ГК/ФК	Негидрол. ост.
		1	2	3	Σ	1a	1	2	3	Σ		
Подзол маломощный на гранитах												
6	Vf	6,1	8,0	15,1	29,2	7,1	8,6	2,9	15,7	34,3	0,9	36,5
Маломощный подзол на вулканической брекчии												
9	Vf	13,4	2,2	6,1	21,7	0,6	16,4	2,3	4,1	23,4	0,9	54,9
Дерново-карбонатная почва на доломитах												
20	B1	7,0	5,9	10,8	23,7	19,5	7,0	15,3	5,4	47,2	0,5	29,1
	B2	4,2	6,3	16,7	27,2	6,9	0,2	12,3	2,1	21,5	1,3	51,3
Шунгитовая почва на шунгитовых сланцах												
21	A1B	8,5	3,9	11,3	23,7	0,9	8,2	3,7	5,3	18,1	1,3	58,2

Маломощные подзолы были изучены на кислых породах (гранитах), а также на основных и средних вулканитах. Их профиль Ао-А2-Vf-BC образовался на маломощных (до 20–25 см) скоплениях мелкозема, образовавшегося в результате выветривания почвообразующих пород. Материал горизонта А2 сложен почти исключительно скелетными зернами, не имеющими пленок, структура не выражена. В иллювиальных горизонтах появляется буроокрашенный тонкодисперсный материал, образующий тонкие пленки на песчаных зернах и небольшие компактные агрегаты.

Профильное распределение агрохимических показателей дает представление об уровне плодородия сформировавшихся на коренных породах подзолов (табл. 2). Для всех горизонтов подзолов характерна кислая реакция, особенно высока кислотность почв, развитых на кислых породах. Для этих почв характерно низкое содержание углерода и азота и их элювиально-иллювиальное перераспределение по профилю. Минеральные горизонты почв, развитых на основных породах, значительно богаче этими элементами.

Формирование осветленного элювиального горизонта считается несвойственным для таежных почв на основных породах, хотя в единичных работах возможность такого процесса не исключалась [7]. Исследования показали, что глубоко измененные основные породы иначе реагируют на воздействие кислотных агентов. В них мало основных плагиоклазов, которые могут быстро подвергаться полному растворению с выходом в раствор щелочных

и щелочноземельных катионов, а также полуторных окислов. Поэтому быстрое осаждение поступающих из подстилки гумусовых кислот ограничено, что способствует образованию элювиального горизонта, состоящего в основном из отмытого силикатного материала.

На карбонатных породах образовались дерново-карбонатные почвы – почвы со слабодифференцированным профилем, имеющим строение – Ао-А1В-BC. На этих почвах развит травянистый напочвенный покров, поэтому растительный опад, в основном, разлагается в течение года, лесная подстилка имеет небольшую мощность – 3–4 см. Почвы на доломитах и мраморах характеризуются кислой реакцией солевой вытяжки, высоким содержанием углерода и азота. В целом, они характеризуются довольно высоким плодородием по сравнению с фоновыми таежными почвами.

Почвы, сформировавшиеся на шунгитовых сланцах, имеют то же строение профиля (Ао-А1В-BC). Их классификационное положение окончательно не определено, в различных классификационных системах авторы относят их к разным разделам. Эти почвы, благодаря повышенному содержанию питательных элементов в шунгитовых сланцах, также отличаются более высоким плодородием в сравнении с зональными почвами

Исследование группового и фракционного состава органического вещества почв, сформировавшихся на коренных породах, позволило определить доли подвижных соединений гуминовых и фульвокислот (фракции 1 и 1а), связанные с кальцием (фракция 2) и об-

разовавших прочные соединения с оксидами железа и алюминия (фракция 3) (табл. 3). Содержание подвижных соединений гумусовых кислот особенно велико в подзоле на вулканической брекчии, что связано с малой выветрелостью этой почвообразующей породы. Наиболее высокая доля органического вещества, связанного с кальцием, как и следовало ожидать, отмечена в дерново-карбонатной почве, а образовавшие комплексные соединения с железом и алюминием – зональном подзоле, сформировавшемся на гранитах. В целом, гумус в исследованных подзолах характеризуется как фульватный, а в дерново-карбонатных и шунгитовых почвах – гуматный.

В целом все исследованные типы почв характеризуются невысокими запасами органического вещества (рисунок).

Различия наблюдаются в соотношении запасов в органогенном горизонте и минеральной толще. В почвах на кислых почвообразующих породах поступающий растительный опад трансформируется крайне медленно, поэтому органическое вещество накапливается на поверхности почвы. Его запасы, сосредоточенные в лесной подстилке, в этих почвах абсолютно преобладают над запасами в минеральной толще. Несколько иная картина наблюдается в почвах, формирующихся на доломитах, мраморах и шунгитах. На пробных площадях, занятых этими почвами, в составе напочвенного покрова преобладают травы, опад которых сравнительно быстро разлагается. В результате большее количество органического вещества поступает в минеральные горизонты. Бонитет сосняков на карбонатных

породах и шунгитовых сланцах также значительно выше, чем на породах, где формируются примитивные почвы и подзолы.

Заключение

Изучение состава и запасов органического вещества в почвах, сформировавшихся на коренных породах Карелии, показало, что они различаются в зависимости от особенностей почвообразующей породы. Влияние оказывает не только ее химический состав, но и устойчивость к выветриванию. На богатых по составу – основных и ультраосновных, но глубоко метаморфизованных (следовательно, устойчивых к разрушению) породах образуются примитивные и подзолистые почвы, отличающиеся невысокими запасами органического вещества, сосредоточенного, главным образом, в органогенном горизонте. Кроме того, органическое вещество в этих почвах имеет фульватную природу, что в целом характерно для зональных почв. Примитивные почвы не отличаются высоким плодородием, что связано не только с небольшим количеством присутствующего в них органического вещества, но и невысоким запасом доступных для растений элементов минерального питания. Плодородие маломощных подзолов на кислых породах ограничено высокой кислотностью и низким содержанием элементов минерального питания как в элювии почвообразующей породы, так и в унаследованном минеральном материале собственно почвы. Несколько большей продуктивностью обладают подзолы на основных породах.

Наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности биоты складываются в маломощных почвах, развитых на карбонатных породах и шунгитах. Они содержат большое количество элементов питания, а также характеризуются сравнительно невысокой устойчивостью к выветриванию, что делает эти ресурсы доступными. В составе органического вещества этих почв гуминовые кислоты, хотя и в незначительной степени, преобладают над фульвокислотами. Запасы органического вещества в таких почвах распределены более равномерно, значительная их доля сосредоточена в минеральной толще.

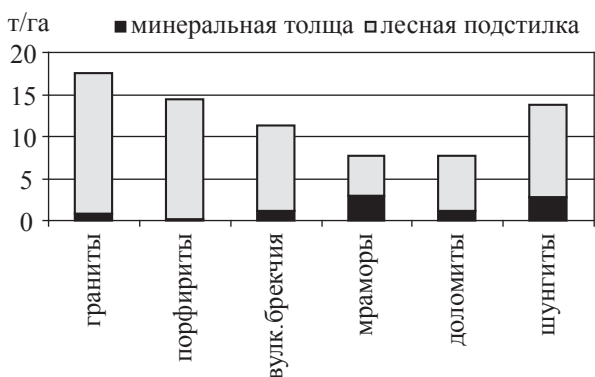


Рисунок. Запасы органического вещества в исследованных почвах

Figure. Stocks of organic matter in the soils studied

Библиографический список

1. Самойлова, Е.М. Почвообразующие породы / Е.М. Самойлова. – М.: МГУ, 1992. – 176 с.
2. Морозова, Р.М. Лесные почвы Карелии / Р.М. Морозова. – Л.: Наука, 1991. – 184 с.
3. Бахмет, О.Н. Почвенный покров / О.Н. Бахмет, Р.М. Морозова // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. – С. 29–31.
4. Геология Карелии. – Л.: Наука, 1987. – 231 с.
5. Сыстра, Ю.И. Основные черты геологического строения Карельского региона / Ю.И. Сыстра // Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. – С. 14–29.
6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
7. Седов, С.Н. Особенности таежного почвообразования и выветривания на постмагматически измененных основных породах: дисс. ...канд. с.-х. наук. / С.Н. Седов. – М., 1992. – 315 с.
8. Kammer A., Hagedorn F., Rigling A., Shevchenko I., Leifeld J., Guggenberger G., Goryacheva T., Moiseev P. Treeline shifts in the Ural Mountains affect soil organic matter dynamics. *Global Change Biology*. 2009. T. 15. no. 6. P. 1570-1583.
9. Djukic I., Zehetner F., Tatzber M., Gerzabek M.H. Soil organic-matter stocks and characteristics along an alpine elevation gradient. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2010. T. 173. no. 1. pp. 30-38.
10. Heckman K., Rasmussen C., Welty-Bernard A., Schwartz E. Geologic controls of soil carbon cycling and microbial dynamics in temperate conifer forests. *Chemical Geology*. 2009. T. 267. no. 1-2. pp. 12-23.
11. Prietzel J., Bachmann S. Changes in soil organic C and N stocks after forest transformation from Norway Spruce and Scots Pine into Douglas Fir, Douglas Fir/Spruce, or European beech stands at different sites in southern Germany. *Forest Ecology and Management*. 2012. T. 269. pp. 134-148.

ORGANIC MATTER COMPOSITION AND STOCK IN SOILS OVER DIFFERENT TYPES OF BEDROCK IN KARELIA

Bakhmet O.N., Assoc. Prof. FRI KarRC RAS, Ph.D. (Biol.)

obahmet@mail.ru

Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the RAS, 11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

The research of the organic matter in the soils forming over bedrock of varying mineralogical and chemical composition (from poor granites to nutrient-rich marbles, dolomites and shungite schists) has been conducted. To single out the effect of the lithological factor on the stock and composition of organic matter in the soils, sample plots were chosen so that they would lie in the same climatic settings (mid-taiga subzone of Karelia) and in forests with the same tree species in composition and age (40-80-year-old pine stands). In the areas where the bedrock is rich in composition, but deeply metamorphosed and, hence, weathering-resistant (e.g., porphyrites with titanomagnetite ore, or volcanic breccia), it takes very long for the soil organic matter to be transformed. The bulk of it is stored at the surface as the forest floor; with only a minor part found in the mineral body of the soil. The humus forming under such conditions is mainly of the fulvate type, i.e. with the composition dominated by fulvic acids. Less resistant rocks (e.g., dolomites) offer better conditions for biotic activity, and the rate of soil organic matter transformation is higher, as evidenced by the humic/fulvic acid ratio (> 1). Organic matter in such soils migrates massively down the soil profile to be deposited in the mineral horizons. Thus, the studies have shown that the composition of organic matter and its deposition patterns are influenced not only by the mineralogical and chemical characteristics of the parent rock, but also, quite significantly, by its weathering resistance.

Keywords: soil, bedrock, organic matter, stock, composition, forest.

References

1. Samoylova E.M. *Pochvoobrazuyushchie porody* [Soil-forming rocks]. Moscow, MGU Publ., 1992. 176 p.
2. Morozova R.M. *Lesnye pochvy Karelii* [Forest soils in Karelia]. Leningrad, Nauka, 1991. 184 p.
3. Bakhmet O.N., Morozova R.M. *Pochvennyy pokrov* [Soil cover]. *Raznoobrazie bioty Karelii: usloviya formirovaniya, soobshchestva, vidy* [Biotic diversity of Karelia: conditions of formation, communities and species]. Petrozavodsk, KRC of RAS Publ., 2003. pp. 29-31.
4. *Geologiya Karelii* [Geology of Karelia]. Leningrad, Nauka, 1987. 231 p.
5. Systra Yu. Y. *Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya Karel'skogo regiona* [The main features of the geological structure of the Karelian region]. *Glubinnoe stroenie i seysmichnost' Karel'skogo regiona i ego obramleniya* [Deep structure and seismicity of the Karelian region and its surroundings]. Petrozavodsk, KRC of RAS Publ., 2004. pp. 14-29.
6. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guidance on chemical analysis of soils]. Moscow, MGU Publ., 1970. 488 p.
7. Sedov S.N. *Osobennosti taezhnogo pochvoobrazovaniya i vyvetrivaniya na postmagmaticheski izmenennykh osnovnykh porodakh* [Features of taiga soil formation and weathering on postmagmatic altered basic rocks]. *Diss. kand. biol. nauk* [PhD diss.], Moscow, 1992. 315 p.
8. Kammer A., Hagedorn F., Rigling A., Shevchenko I., Leifeld J., Guggenberger G., Goryacheva T., Moiseev P. Treeline shifts in the Ural Mountains affect soil organic matter dynamics. *Global Change Biology*. 2009. T. 15. no. 6. pp. 1570-1583.
9. Djukic I., Zehetner F., Tatzber M., Gerzabek M.H. Soil organic-matter stocks and characteristics along an alpine elevation gradient. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2010. T. 173. no. 1. pp. 30-38.
10. Heckman K., Rasmussen C., Welty-Bernard A., Schwartz E. Geologic controls of soil carbon cycling and microbial dynamics in temperate conifer forests. *Chemical Geology*. 2009. T. 267. no. 1-2. pp. 12-23.
11. Prietzel J., Bachmann S. Changes in soil organic C and N stocks after forest transformation from Norway Spruce and Scots Pine into Douglas Fir, Douglas Fir/Spruce, or European beech stands at different sites in southern Germany. *Forest Ecology and Management*. 2012. T. 269. pp. 134-148.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНЯКОВ СЕВЕРНОЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

П.А. ФЕКЛИСТОВ, проф. каф. ботаники, общей экологии и природопользования С(А)ФУ,
д-р с.-х. наук,

Д.Н. КЛЕВЦОВ, доц. каф. ботаники, общей экологии и природопользования С(А)ФУ, канд. с.-х. наук,
Ф.А. КУННИКОВ, аспирант С(А)ФУ

pfeklistov@yandex.ru, fdr1989@mail.ru

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

Изучение качественных и количественных характеристик надземной фитомассы древостоев является неотъемлемой частью исследований по биологической продуктивности как с биогеоценотической, так и с ресурсоведческой сторон. С лесохозяйственной точки зрения наиболее важным параметром качества древостоев является их продуктивность. В связи с этим почти все мероприятия по уходу за лесными насаждениями производятся с целью увеличения скорости роста лучших деревьев. Изучены естественные черничные сосновые насаждения и лесные культуры сосны, произрастающие в северной подзоне тайги Архангельской области. Для определения биологической продуктивности измеряли фитомассу и время ее накопления. Ее получали путем непосредственного взвешивания по фракциям: сухих сучьев, сырых веток, древесной зелени, ствола в коре и без нее. Приведены результаты первичной продуктивности надземной части древесного яруса сосняков естественного происхождения и культур. Представлены данные по распределению продуктивности дерева по фракциям. Показаны взаимосвязи фитомассы разных фракций деревьев сосны с их суммой площадей сечений в естественных сосняках и лесных культурах. Рассмотрены данные по продуктивности сосны в древостоях разного породного состава, приведенных к полноте 1,0 для естественных насаждений. Продуктивность сосны в естественных насаждениях колеблется от 2,4 т/га за год до 5,4 т/га за год. Продуктивность в лесных культурах колеблется от 2,6 т/га за год до 4,0 т/га за год. Наибольшая доля продуктивности приходится на фракцию древесной зелени и особенно это проявляется в культурах. Второй по значимости фракцией является древесина. В древостоях с небольшой долей участия сосны продуктивность всех фракций значительно выше, чем в древостоях со значительной долей ее участия.

Ключевые слова: первичная продуктивность, сосняки, древостой, фракции, тайга, запас.

В современных условиях большое значение приобретает оценка функций леса как элемента биосферы и наиболее действенного стабилизатора окружающей среды. Поэтому очень важным разделом при исследовании экосистем является биологическая продуктивность лесов, которая, помимо общего теоретического значения, все шире используется при научном обосновании хозяйственных мероприятий как в лесоводстве, так и в других отраслях [1]. Первичная продуктивность фитоценозов определяет существование и функционирование лесных экосистем [2, 3]. В то же время изученность этого важнейшего показателя явно недостаточна как для Европейского Севера, так и других регионов. Связано это, в первую очередь, с большой трудоемкостью работ по ее оценке.

Для определения фитомассы и чистой первичной продуктивности были заложены пробные площади в естественных сосновых насаждениях на территории Исакогорского участкового лесничества и в культурах сосны Усть-Двинского участкового лесничества Архангельского лесничества.

Все пробы представляют собой сосняки черничные (свежие).

При проведении полевых работ и сборе данных использовались общепринятые методики исследований естественных насаждений [4, 5] и лесных культур [6].

Размер пробной площади определялся количеством деревьев главной породы, не менее 200–300 шт. (150 шт. для древостоев со сложным составом). Для изучения фитомассы и в последующем продуктивности из разных ступеней толщины были взяты модельные деревья. Всего было обмерено и взвешено 46 модельных деревьев сосны. После валки у этих деревьев измеряли диаметр на высоте 1,3 м, длину ствола, расстояние от комля до первого сухого и живого сучков, протяженность кроны. Затем каждая модель тщательно изучалась по элементам фитомассы путем прямого взвешивания по фракциям: ствол, кора, сырые ветки, древесная зелень (охвоенные побеги с диаметром у основания не более 8 мм) и сухие сучья. Взвешивание проводилось с точностью ± 100 г.

Таксационные показатели посевов сосны
Inventory indicators of pine plantings

Номер пробной площади	Возраст, лет	Средний		Состав	Густота, шт./га	Полнота	Запас, м ³ /га		
		D, см	H, м				По сосне	По березе	Итого
25	28	5,4	6,3	–	8471	0,90	52	-	52
	48	9,6	9,4	9С1Б+Ос	3790	1,10	105	11	119
25А	48	10,3	8,1	8С2Б+Ос	2733	0,98	92	14	110
Среднее	28	5,4	6,3	–	–	–	–	–	52
	48	9,5	11,8	–	–	–	–	–	114

Т а б л и ц а 2

Таксационные показатели сосняков естественного происхождения
Inventory indicators of natural origin pine forests

Номер пробной площади	Возраст, лет	Средний		Состав	Абсолютная полнота	Относительная полнота	Запас по сосне, м ³ /га
		D, см	H, м				
ПП 1	43	8,6	10,0	10С+Б	22,8	1,0	123
ПП 2	32	6,3	8,2	10С+БОс	19,9	1,1	93
ПП 3	68	24,7	22	3ЕЗБ2С1Лц1Ос	7,11	0,2	80
ПП 4	56	11,3	12,2	9С1Б	27,2	1,0	172

Т а б л и ц а 3

Продуктивность сосняков естественного происхождения
Natural origin pine forests productivity

Номер пробной площади	Возраст, лет	Продуктивность по фракциям				Всего
		Ствол		Крона		
		древесина	кора	ветви	древесная зелень	
ПП 1	43	<u>1,659</u>	<u>0,243</u>	<u>0,138</u>	<u>1,675</u>	<u>3,715</u>
		44,7	6,5	3,7	45,1	100
ПП 2	32	<u>1,480</u>	<u>0,131</u>	<u>0,084</u>	<u>1,813</u>	<u>3,508</u>
		42,2	3,7	2,4	51,7	100
ПП 3	68	<u>0,598</u>	<u>0,041</u>	<u>0,068</u>	<u>1,663</u>	<u>2,370</u>
		25,2	1,7	2,9	70,2	100
ПП 4	56	<u>1,363</u>	<u>0,128</u>	<u>0,220</u>	<u>3,738</u>	<u>5,449</u>
		25,0	2,4	4,0	68,6	100

* Примечание в числителе – т/га в год, в знаменателе – %

Т а б л и ц а 4

Продуктивность посевов сосны
Pine crop productivity

Номер пробной площади	Возраст, лет	Продуктивность по фракциям				Всего
		Ствол		Крона		
		древесина	кора	ветви	древесная зелень	
25	28	<u>0,539</u>	<u>0,121</u>	<u>0,170</u>	<u>1,172</u>	<u>2,593</u>
		20,7	4,7	6,5	68,1	100
25	48	<u>0,718</u>	<u>0,087</u>	<u>0,175</u>	<u>3,063</u>	<u>4,043</u>
		17,8	2,2	4,3	75,7	100
25А	48	<u>0,643</u>	<u>0,076</u>	<u>0,164</u>	<u>2,775</u>	<u>3,655</u>
		17,6	2,1	4,5	75,8	100

* Примечание в числителе – т/га в год, в знаменателе – %

Чистую первичную продуктивность определяли только у надземной части древесного яруса сосняков разного происхождения.

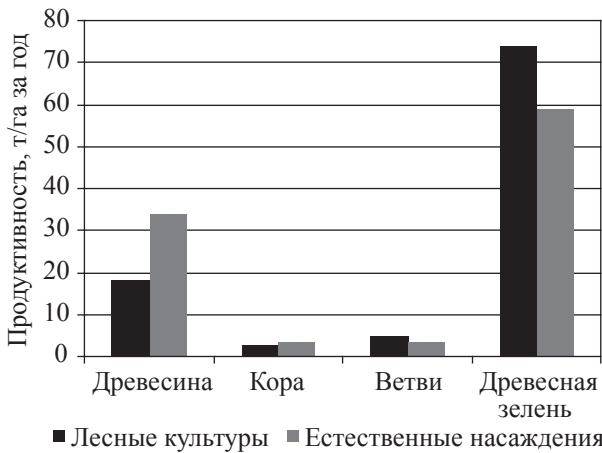


Рис. 1. Продуктивность разных фракций в сосняках черничных

Fig. 1. Efficiency of different factions in the pine forests of bilberry

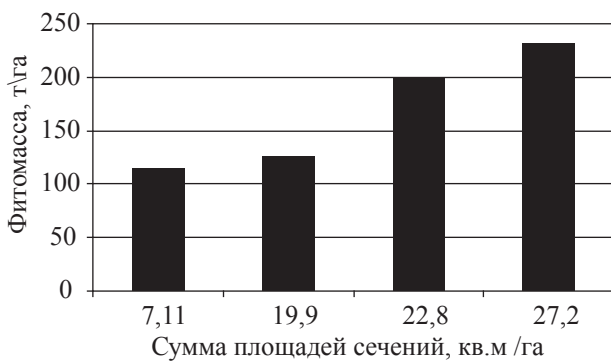


Рис. 2. Продуктивность сосны в насаждениях естественного происхождения в зависимости от суммы площадей сечений

Fig. 2. Efficiency of pine plantations of natural origin depending on the total basal area

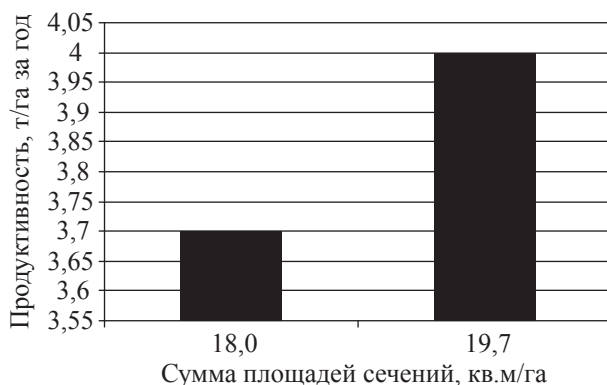


Рис. 3. Продуктивность сосны в культурах в зависимости от суммы площадей сечений

Fig. 3. Efficiency of pine cultures depending on the total basal area

Для определения чистой первичной продуктивности древостоев исследовались фракции фитомассы. Полученную массу фракции делили на время (возраст их нарастания) и получали накопленную массу в сыром виде за год. Затем рассчитывали массу сухого вещества с учетом содержания воды в каждой фракции. Содержание воды принимали по литературным данным [7–10].

Данные по таксационным показателям приведены в табл. 1 и 2.

Наибольший вклад в продуктивность сосняков естественного происхождения вносит древесная зелень (табл. 3). Она составляет от 45 до 70 % от общей продуктивности в естественных насаждениях на разных пробных площадях (рис. 1). В среднем же продуктивность древесной зелени примерно равна 59 %. Другой важной фракцией является древесина, на ее долю приходится в среднем 34 %. На продуктивности ветвей и коры приходится чуть больше 3 %. В посевах сосны доля древесной зелени выше и составляет от 68 до 76 % от общей продуктивности на разных пробных площадях (рис. 1 и табл. 4). В среднем на ее долю приходится 74 %, но доля древесного прироста ощутимо ниже, чем в насаждениях естественного происхождения, и составляет примерно 18 %.

Суммарный прирост (общая продуктивность) тесно связан с суммой площадей сечений насаждения. Чем выше сумма площадей сечений, тем выше продуктивность в исследуемом возрастном интервале (рис. 2). Она колеблется от 2,4 т/га за год при 7 м² до 5,4 т/га за год при 27 м².

В посевах сосны большая разница значений продуктивности при небольшом различии сумм площадей сечений. Так, при сумме площадей сечений 19,7 м²/га продуктивность примерно такая же, как в естественных сосняках, и составляет 3,1 т/га за год (рис. 3), а уже при 18 м²/га она заметно ниже – 2,8 т/га за год.

На продуктивность сосны заметное влияние оказывает состав древостоя. В древостоях с небольшой долей участия сосны продуктивность всех фракций значительно выше, чем в древостоях со значительной долей ее участия. Продуктивность по фракциям

Продуктивность сосны в древостоях разного состава, приведенных к полноте 1,0
Productivity of pine stands of different composition, given the fullness of 1.0

Состав	Продуктивность по фракциям, т/га в год				Всего
	ствол		крона		
	древесина	кора	ветви	древесная зелень	
ЗЕЗБ2С1Лц1Ос	2,990	0,205	0,340	8,315	11,850
9С1Б	1,363	0,128	0,220	3,738	5,449

в первом случае примерно в два раза выше, чем во втором, также выше и общая продуктивность. В то же время соотношение фракций остается прежним (табл. 5).

В результате проведенных исследований получены следующие выводы:

– продуктивность сосны в естественных насаждениях колеблется от 2,4 т/га за год до 5,4 т/га за год;

– продуктивность в лесных культурах колеблется от 2,6 т/га за год до 4,0 т/га за год;

– наибольшая доля продуктивности падает на фракцию древесной зелени, и особенно это проявляется в культурах, второй по значимости фракцией является древесина;

– в древостоях с небольшой долей участия сосны продуктивность всех фракций значительно выше, чем в древостоях со значительной долей ее участия

Библиографический список

1. Бабич, Н.А. Зональные закономерности изменения фитомассы культур сосны: монография / Н.А. Бабич, Д.Н.

Клевцов, И.В. Евдокимов – Архангельск: С(А)ФУ, 2010. – 140с.
 2. Одум, Ю. Основы экологии. / Ю. Одум – М.: Мир, 1975. – 740 с.
 3. Чернова, Н.И. Общая экология. / Н.И. Чернова, А.М. Былова – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.
 4. ГОСТ 16128–70. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М.: Изд-во стандартов, 1971. – 23 с.
 5. ОСТ 56–69–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. Введен 01.01.1984. – М.: ЦБПТИ Гослесхоза СССР, 1984. – 60 с.
 6. Огиевский, В.В. Обследование и исследование лесных культур. / В.В. Огиевский, А.А. Хиров – Л.: ЛТА, 1967. – 49с.
 7. Веретенник, Д.Г. Использование древесной коры в народном хозяйстве. / Д.Г. Веретенник – М.: Лесн. пром-ть, 1976. – 120с.
 8. Комар, А.Г. Строительные материалы и изделия: учеб. для инж.– экон. спец. строит. вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Комар – М.: Высш. шк., 1988. – 527 с.
 9. Феклистов, П.А. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги (монография). / П.А. Феклистов, В.Н.Евдокимов, В.М. Барзут – Архангельск: ИПЦ АГТУ, 1997. – 140 с.
 10. Феклистов, П.А. Сравнительные эколого-биологические особенности сосны скрученной и обыкновенной в северной подзоне европейской тайги. / П.А. Феклистов, С.Ю. Бирюков, А.Л. Федяев – Архангельск: АГТУ, 2008.– 118 с.

PRODUCTIVITY OF THE PINE FORESTS OF NORTH TAIGA SUBZONE

Feklistov P.A., Prof. NArFU, Dr.Sci. (Agricultural), **Klevtsov D.N.**, Assoc. Prof. NArFU, Ph.D (Agricultural), **Kunnikov F.A.**, gr. NArFU

pfeklistov@yandex.ru, fdr1989@mail.ru

Northern (Arctic) Federal University of M.V. Lomonosov, 163002, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Embankment, 17

The study of the qualitative and quantitative characteristics of the aboveground vegetative stands is an integral part of the research on the biological productivity seen from a biogeocoenotic and the resource side. From a point of view of forestry, the most important quality parameter of the forest stands is their productivity. Therefore, almost all events for forest plantations tending are made to increase the growth rate of the best trees. Natural blueberry pine plantations and pine forest cultures in the northern taiga subzone of the Arkhangelsk region have been studied. The phytomass and the time of its accumulation has been studied in order to determine the biological productivity. The phytomass was prepared by direct weighing of the following groups: dry twigs, raw branches, wood greens, and stem in bark and without it. Here the results of the primary productivity of the aboveground parts of the tree layer pine forests of the natural origin and cultures are shown. The data on the distribution of a tree productivity on fractions is presented. The relationship of different fractions pine trees phytomass with their total basal area in pine natural forests and cultures is shown. The data on the pines productivity in the forest stands of different species composition brought to fullness 1,0 are shown. Pine productivity in natural stands ranges from 2,4t/ha per year to 5,4t/ha per year. The productivity in the forest cultures ranges from 2,6t/ha per year to 4,0t/ha per year. The largest share of productivity accounts for a fraction of wood greens, which is especially seen in the cultures. The second most important fraction is wood. In the forest stands with a small proportion of pine all productivity factions are much higher than in the stands with a significant proportion of pine.

Keywords: primary productivity, pine forest, stands, faction, taiga, volume.

References

1. Babich N.A., Klevtsov D.N., Evdokimov V.N. *Zonal'nyye zakonomernosti izmeneniya fitomassy kul'tur sosny* [Zonal patterns of change pine cultures phytomass]. Arkhangelsk: AGTU Publ., 1998. 89 p.
2. Odum Y.U. *Osnovy ekologii* [Fundamentals of Ecology]. Moscow: Mir Publ., 1975. 740 p.
3. Chernova N.I., Bylova A.M. *Obshchaya ekologiya* [General Ecology]. Moscow: Drofa Publ., 2004. 416 p.
4. GOST 16128-70. *Ploshchadi probnyye lesoustroitelnyye. Metod zakladki*. [Square test forest management . Method tab]. Moscow: standart Publ., 1971. 23 p.
5. OST 56-69-83. *Ploshchadi probnyye lesoustroitel'nyye. Metod zakladki* [Trial forest regulation area. Method of tab.]. Moscow: TSBPTI Gosleskhoz USSR Publ., 1984. 60 p.
6. Ogiyevskiy V.V., Khиров A.A. *Obsledovaniye i issledovaniye lesnykh kul'tur* [Survey and study of forest crops]. Litva: LTA Publ., 1967. 49 p.
7. Veretennik D.G. *Ispol'zovaniye drevesnoy kory v narodnom khozyaystve* [The use of tree bark in the national economy] Moscow: Forest industry Publ., 1976. 120 p.
8. Komar A.G. *Stroitelnyye materialy i izdeliya* [Building materials and products] Moscow: Vyssh. shk. Publ., 1988. 527 p.
9. Feklistov P.A., Evdokimov V.N., Barzut V.M. *Biologicheskiye i ekologicheskiye osobennosti rosta sosny v severnoy podzone Yevropeyskoy taygi* [Biological and ecological characteristics of pine growth in the northern taiga subzone of the European]. Arkhangelsk: IPTS AGTU Publ., 1997. 140 p.
10. Feklistov P.A., Biryukov S. U., Fedyaev A.L. *Sravnitelnyye ekologo-biologicheskiye osobennosti sosny skruchennoy i obyknovennoy v severnoy podzone yevropeyskoy taygi* [Comparative ecological and biological characteristics of the twisted pine and pine in northern European taiga subzone]. Arkhangelsk: AGTU Publ., 2008. 118 p.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ МОЖЖЕВЕЛЬНИКОВ ОБЫКНОВЕННОГО И СИБИРСКОГО

А.И. ЗАЙЦЕВ, *мл. науч. сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН,*
М.В. СУРСО, *ст. науч. сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН,*
канд. биол. наук

sheva7.it@yandex.ru, surso@iepn.ru
Институт экологических проблем Севера УрО РАН
Архангельск, наб. Северной Двины, 23

Можжевельники обыкновенный (Juniperus communis L.) и сибирский (J. sibirica Burgsd.) – морфологически достаточно сходные виды. Низкорослые формы можжевельника обыкновенного в горных районах Колы, Скандии и Приполярного Урала, в тундрах и по побережьям северных морей часто воспринимаются как можжевельник сибирский. В англоязычной литературе упоминания о J. sibirica как о самостоятельном виде отсутствуют, а многими отечественными авторами J. sibirica также часто воспринимается как низкорослая форма можжевельника обыкновенного. Морфологически J. sibirica отличается от J. communis только габитуально. Образцы древесины можжевельников обыкновенно и сибирского были отобраны в северной подзоне тайги (Беломорско-Кулойское плато) и на Дальнем Востоке России (п-ов Камчатка и о-в Сахалин). Анатомическое исследование древесины проведено на секторах, включающих все годичные кольца от сердцевины до камбия. С помощью вибрационного микротомы НМ 650V Microm (THERMO Scientific) изготавливались поперечные срезы толщиной 8-10 мкм, которые помещались в каплю дистиллированной воды и окрашивались метиловым зеленым – пиронином G или 0,25%-ным водным раствором сафранина. Микропрепараты изучались и фотографировались при помощи микроскопа Axio Scope A1 (Zeiss) в комплекте с цифровой камерой Canon G10. Редактирование изображений производилось при помощи лицензионной программы AxioVision Release 4.8. Можжевельники на всех изученных участках имеют схожее строение древесины, для них характерны относительно широкий слой ранней и узкий слой поздней древесины, размеры трахеид на всех опытных участках примерно одинаковы. Формирование ранней древесины у можжевельника сибирского на о-ве Сахалин более растянуто во времени под влиянием более мягкого климата, ширина слоя ранней древесины у него больше, чем у можжевельников, произрастающих в Архангельской области и на Камчатке. Все выявленные различия в морфометрических параметрах анатомических структур древесины у можжевельников связаны с природно-климатическими условиями. Принципиальных различий в морфолого-анатомическом строении древесины у можжевельников обыкновенного и сибирского не выявлено.

Ключевые слова: можжевельники обыкновенный и сибирский, Juniperus communis, J. sibirica, анатомия, морфология, морфометрия, древесина.

Можжевельники обыкновенный (*Juniperus communis* L.) и сибирский (*J. sibirica* Burgsd.) морфологически весьма сходные виды [1, 2]. Можжевельник обыкно-

венный, произрастающий в европейской части России, представлен габитуальным рядом от карликовых распростертых стланцев, высотой 5–10 см, произрастающих на песчанико-

вых обнажениях в тундре [3], до деревьев 2-й величины высотой 14–16 м с хорошо очищенными от сучьев стволами, чаще всего кустарник или небольшое деревце высотой до 4–6 м с характерной кипарисовидной, колонновидной или иной формой кроны [3]. Низкорослые формы можжевельника обыкновенного в горных районах Колы, Скандии и Приполярного Урала, в тундрах и по побережьям северных морей часто воспринимаются как *J. sibirica* [4, 5]. В англоязычной литературе упоминания о *J. sibirica* как о самостоятельном виде отсутствуют. В последнее время многие отечественные авторы часто воспринимают *J. sibirica* как низкорослую форму *J. communis* [5, 6]. Вместе с тем Р. Адамс, проведя фундаментальную ревизию р. *Juniperus* с использованием ДНК-маркеров, хотя и не выделяет *J. sibirica* в ранг самостоятельного вида, все же признает, что можжевельник обыкновенный (*J. communis* var. *saxatilis*), произрастающий на Камчатке, генетически существенно отличается от *J. communis*, произрастающего в Европе [7]. Морфологически *J. sibirica* отличается от *J. communis* лишь габитуально вследствие различий в типе роста – плагиотропного у *J. sibirica* и ортотропного у *J. communis* [7].

Наиболее полные исследования формового разнообразия можжевельника обыкновенного, в том числе и морфолого-анатомическое изучение строения древесины, проводились в странах Фенноскандии [8, 9]. В отечественной литературе публикации на эту тему появлялись sporadически [10–14]. Наибольшее число форм у можжевельника обыкновенного выделено и описано по общему габитусу [15]. Морфолого-анатомическое строение древесины можжевельников в северных и, особенно, в крайне северных (тундровых) популяциях остается недостаточно изученным.

Материалы и методы исследования

Условные обозначения:

r (ранн) – ширина слоя ранней древесины;
 r (поздн.) – ширина слоя поздней древесины;
 d_{\min} (внеш.) – минимальный внешний диаметр трахеид ранней древесины;

d_{\min} (внутр.) – минимальный внутренний диаметр трахеид ранней древесины;
 d_{\max} (внеш.) – максимальный внешний диаметр трахеид ранней древесины;
 d_{\max} (внутр.) – максимальный внутренний диаметр трахеид ранней древесины;
 D_{\max} (внеш.) – максимальный внешний диаметр трахеид поздней древесины;
 D_{\max} (внутр.) – максимальный внутренний диаметр трахеид поздней древесины;
 D_{\min} (внеш.) – минимальный внешний диаметр трахеид поздней древесины;
 D_{\min} (внутр.) – минимальный внутренний диаметр трахеид поздней древесины;
 K (ранн) – количество слоев клеток ранней древесины;
 K (позд) – количество слоев клеток поздней древесины.

Образцы древесины можжевельника сибирского были собраны на п-ве Камчатка (природный парк «Налычево») и о. Сахалин (Тымовский р-н), можжевельника обыкновенного – в верхнем течении р. Кепина (Приморский р-н Архангельской обл.) и в среднем течении р. Сояна (Мезенский р-н Архангельской обл.). Объем выборки – 7–10 особей с каждого участка. Поперечные спилы стволиков можжевельника сибирского, произрастающего на Камчатке (природный парк «Налычево»), взяты в районе р. Таловая, в редкостойном березово-каменном криволесье паркового типа с подлеском из кедрового стланика. Произрастающие здесь можжевельники представляют собой небольшие кустарники стланиковой формы, с длинными тонкими стелющимися скелетными ветвями (плетями) до 3–3,5 м, концы которых приподнимаются над поверхностью почвы на 40–70 см, иногда до 130 см. Поперечные спилы стволиков можжевельника сибирского на Сахалине были взяты в центральной части острова, в Тымовском районе, в лиственничнике багульниково-папоротниковом. Растения стланиковой формы, с длинными тонкими плагиотропными скелетными ветвями длиной 2,5–3 м, приподнимающимися над поверхностью почвы на 40–150 см. Поперечные спилы стволиков можжевельника обыкновенного в районе р. Кепина взяты в

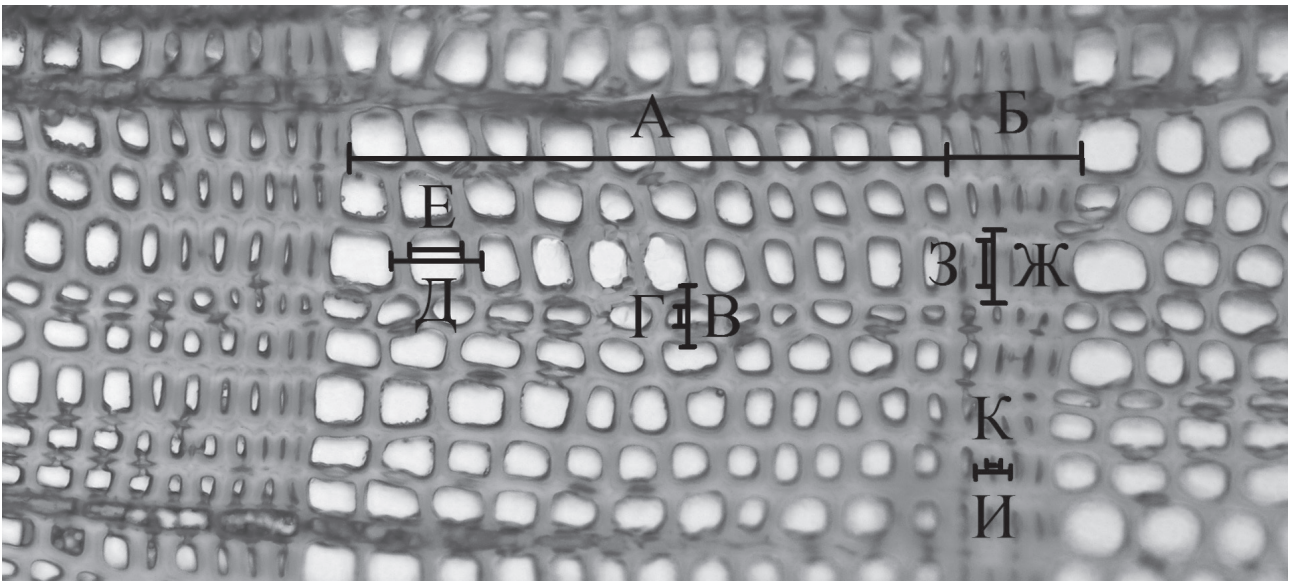


Рисунок. Схема морфометрии анатомических параметров древесины можжевельника:
 А – r (ранн.); Б – r (поздн.); В – d_{\min} (внеш.); Г – d_{\min} (внутр.); Д – d_{\max} (внеш.);
 Е – d_{\max} (внутр.); Ж – D_{\max} (внеш.); З – D_{\max} (внутр.); И – D_{\min} (внеш.); К – D_{\min} (внутр.)
 Fig. A diagram of the anatomical morphometric parameters of juniper wood: А – r (early); Б – r (late);
 В – d_{\min} (external); Г – d_{\min} (internal); Д – d_{\max} (ext.); Е – d_{\max} (internal); Ж – D_{\max} (external);
 З – D_{\max} (internal); И – D_{\min} (external); К – D_{\min} (internal)

лиственничнике можжевельниковом. Насаж-
 дение двухъярусное: I ярус – 10Лц, II ярус –
 9Е1Б. Возраст лиственницы 250–300 лет, диа-
 метр на высоте 1,3 м – 45–60 см, высота – до
 24 м. Возраст ели около 100 лет, березы – 60
 лет. В подлеске смородина красная, жимо-
 лость синяя. Напочвенный покров пред-
 ставлен брусникой, таежным мелкотравьем (сед-
 мичник, дерен шведский), высокотравьем
 (борец северный, вейник лесной), зелеными
 мхами (*Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-*
castrensis). Поперечные спилы можжевельни-
 ка обыкновенного в районе среднего течения
 р. Сояна взяты в сосняке мохово-лишайнико-
 вом. Насажение двухъярусное: I ярус – 10С,
 II ярус – 5Е5Б. Возраст сосны 110–120 лет,
 средний диаметр на высоте 1,3 м – 30 см,
 средняя высота – 19 м. Возраст ели – 90–100
 лет, березы – около 40 лет. В напочвенном
 покрове брусника, кошачья лапка, вереск
 обыкновенный, щучка дернистая, золотар-
 ник обыкновенный, эпигейные лишайники
 (*Cetraria* sp., *Cladonia* sp.)

Анатомическое исследование древе-
 сины проведено на поперечных спилах, взя-
 тых с каждого дерева вблизи шейки корня.
 Из каждого взятого спила были вырезаны

сектора, включающие все годовичные кольца
 от сердцевины до камбия. Из каждого сек-
 тора вырезались блоки прямоугольной формы
 размером 3×5×15 мм по градиенту радиуса от
 сердцевины к камбию. С помощью микротом
 с вибрирующими лезвиями НМ 650V Microm
 из блоков изготавливались поперечные срезы
 толщиной 8–10 мкм. Срезы помещались в ка-
 плю дистиллированной воды и окрашивались
 метиловым зеленым – пиронином G (Джен-
 сен, 1965) или 0,25 %-ным водным раствором
 сафранина. Просмотр и фотографирование
 препаратов производили при помощи лабора-
 торного микроскопа Axio Scope A1 (Zeiss) в
 комплекте с цифровым фотоаппаратом Canon
 G10. Редактирование полученных изображе-
 ний производилось при помощи лицензион-
 ного программного обеспечения AxioVision
 Rel. 4.8. Полученные данные обрабатывались
 статистическими методами в MS Excel. Мик-
 роморфометрия проводилась по следующей
 схеме: ширина слоя ранней древесины; ши-
 рина слоя поздней древесины; количество
 слоев клеток отдельно в слое ранней и в слое
 поздней древесины; внутренний и внешний
 диаметр трахеид, отдельно для ранней и поз-
 дней древесины (рисунок).

Морфолого-морфометрические показатели строения древесины можжевельников обыкновенного и сибирского*

Morphological and morphometric parameters of the structure of common and Siberian Juniperus *

Показатели	Налычево (м. сиб.)	Тымовская (м. сиб.)	Кепина (м. обьк.)	Сояна (м. обьк.)
r (ранн), мкм	$270,9 \pm 38,16$ 42,2	$468,1 \pm 50,69$ 30,6	$294,2 \pm 84,04$ 49,5	$206,2 \pm 28,45$ 43,6
r (поздн), мкм	$39,2 \pm 6,15$ 47,1	$64,1 \pm 27,0$ 119,5	$37,2 \pm 6,42$ 29,9	$73,6 \pm 28,49$ 122,4
d_{\min} (внеш.), мкм	$23,6 \pm 0,81$ 10,3	$22,9 \pm 0,78$ 9,7	$21,4 \pm 2,61$ 21,1	$22,8 \pm 0,95$ 13,2
d_{\min} (внутр.)	$14,2 \pm 0,91$ 19,2	$13,2 \pm 0,73$ 15,6	$13,8 \pm 2,49$ 31,3	$13,1 \pm 0,70$ 16,9
d_{\max} (внеш.)	$24,7 \pm 0,64$ 7,8	$25,7 \pm 0,56$ 6,1	$22,2 \pm 1,42$ 11,1	$24,4 \pm 0,94$ 12,2
d_{\max} (внутр.)	$16,1 \pm 0,78$ 14,5	$15,4 \pm 0,49$ 9,1	$15,0 \pm 1,32$ 15,3	$14,5 \pm 0,39$ 8,5
D_{\max} (внеш.)	$22,5 \pm 0,56$ 7,4	$22,6 \pm 0,48$ 6,0	$20,7 \pm 1,05$ 8,8	$21,8 \pm 0,50$ 7,3
D_{\max} (внутр.)	$11,9 \pm 0,59$ 14,3	$12,5 \pm 0,43$ 9,9	$12,2 \pm 1,19$ 16,9	$11,9 \pm 0,40$ 10,5
D_{\min} (внеш.)	$16,7 \pm 0,91$ 16,4	$15,9 \pm 1,08$ 19,3	$12,5 \pm 0,46$ 6,3	$14,6 \pm 0,84$ 18,1
D_{\min} (внутр.)	$5,6 \pm 0,39$ 20,1	$6,0 \pm 0,49$ 23,3	$4,3 \pm 0,11$ 4,6	$5,4 \pm 0,47$ 27,6
K (ранн.) (штук)	$14,4 \pm 1,77$ 36,7	$25,5 \pm 2,39$ 26,5	$19,7 \pm 6,44$ 56,7	$12,1 \pm 1,85$ 48,4
K (позд.) (штук)	$4,3 \pm 0,59$ 40,7	$5,8 \pm 1,82$ 89,4	$4,0 \pm 0,47$ 20,4	$6,2 \pm 1,85$ 94,3

*Примечание: в числителе – $\bar{X} \pm m_p$, в знаменателе – CV, %.

Ранее было установлено, что можжевельники, произраставшие на участках «Налычево» и «Тымовское», являлись довольно молодыми: их возраст составлял от 23 лет до 71 года. Возраст можжевельников, произраставших в верхнем течении р. Кепина и в среднем течении р. Сояна, составлял от 57 до 170 лет.

Результаты и обсуждение

Можжевельники на всех опытных участках имеют схожее строение древесины, для которого характерны довольно широкий слой ранней древесины и узкий слой поздней древесины. На всех опытных участках можжевельники имеют примерно одинаковые размеры трахеид (таблица).

Наиболее широкий слой с максимальным количеством клеток ранней древесины в годичном кольце у можжевельников Тымовской популяции, наименее широкий

слой клеток с наименьшим количеством в нем клеток у можжевельников соянской популяции. Несмотря на наименьшую ширину слоя ранней древесины, можжевельники соянской популяции имеют в среднем наиболее широкий слой поздней древесины с наибольшим средним числом клеток в нем. Это можно объяснить влиянием климатических факторов: более мягкие климатические условия для произрастания на о-ве Сахалин, где были отобраны образцы древесины можжевельников Тымовской популяции, в то время как можжевельники соянской популяции произрастают в более жестких природных условиях, где вегетационный период значительно короче, чем в условиях сахалинского климата. Размеры трахеид не зависят ни от природных условий, ни от изучаемого вида можжевельника, и во всех изученных популяциях их размеры примерно одинаковы.

Заключение

В результате проведенного исследования выявлены некоторые особенности анатомического строения зрелой древесины можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) и сибирского (*J. sibirica* Burgsd.). В различных климатических условиях меняется не только общая продолжительность полного онтогенеза, отдельных состояний и периодов, но и их соотношения [16]. Показано, что формирование ранней древесины у можжевельника сибирского более растянуто во времени под влиянием мягкого сахалинского климата. Ширина слоя ранней древесины у можжевельников, отобранных на Сахалине, больше, чем у можжевельников, взятых в Архангельской области и на Камчатке. Таким образом, явных отличий в морфолого-анатомическом строении древесины у можжевельников обыкновенного и сибирского не выявлено. Все значительные изменения в строении связаны с природно-климатическими условиями, в которых произрастали те или иные особи.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Архангельской области (проект РФФИ-север № 14-04-98811) и проекта для аспирантов очной аспирантуры Института экологических проблем Севера УрО РАН в 2014 г. по номинации 1: разработка научно-исследовательского проекта с подготовкой и публикацией статьи в российском или зарубежном рецензируемом журнале перечня ВАК России.

Библиографический список

1. Арсентьева, Т.В. Сравнительно-анатомическое изучение древесины *J. communis* L. (Cupressaceae) в связи с изменением жизненных форм / Т.В. Арсентьева // Проблемы ботаники на рубеже 20–21 вв: тез. докл. – СПб., 1998. – Т. 1. – С. 6.
2. Данилов, Д.Н. К биологии можжевельника / Д.Н. Данилов // Природа и социалистическое хозяйство. Ч. I. – 1941. – Т. 8.
3. Барзут, О.С. Древовидный можжевельник на Европейском Севере России / О.С. Барзут, М.В. Сурсо // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2010. – № 2. – С. 30–37.
4. Козубов, Г.М. Можжевельник в лесах Севера / Г.М. Козубов, А.М. Евдокимов // Лесное хозяйство. – 1965. – № 1. – С. 57–69.
5. Князева, С.Г. Изменчивость и морфоструктура природной популяции можжевельника сибирского: дисс. ... канд. биол. наук / С.Г. Князева. – Красноярск, 2000. – 21 с.
6. Князева, С.Г. Таксономический ранг сибирского можжевельника / С.Г. Князева // Межд. конф. по систематике высших растений. – М., 2002. – С. 51–52.
7. Adams R.P., Hsieh C., Murata J., Pandey R.N. Systematics of *Juniperus* from eastern Asia based on Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs). *Biochem. Syst. Ecol.*, 2002. Vol. 30. pp. 231–241.
8. Hoeg O. A. *Eineren i norsk natur og tradisjon*. Norveg, Eleverum Trykk AS. Tlverum, 1996. 168 p.
9. Arnborg H. G. *Enebogen. Bindning Wickstroms Bokbinderi AB, Uddevalla*, 1994. 272 p.
10. Рубаник, В.Г. Декоративные формы хвойных в озеленении Казахстана Текст. / В.Г. Рубаник, З.И. Паршина. – Алма-Ата, 1975. – С. 48–52.
11. Вишняков, Г.В. Декоративные формы можжевельника сибирского, перспективные для зеленого строительства / Г.В. Вишняков // Декоративные растения и зеленое строительство за Полярным кругом. – Апатиты, 1987. – С. 41–43.
12. Харламова, С.В. Внутрипопуляционная изменчивость можжевельника обыкновенного / С.В. Харламова // Экология и генетика популяций. – Йошкар-Ола: Периодика, 1999. – С. 314–316.
13. Косицын, В.Н. Биоморфологические формы *Juniperus communis* L. в подзоне южной тайги / В.Н. Косицын // Тезисы докладов IV междунар. конф. – М.: МГПИ, 1999. – С. 115–116.
14. Михеева, Н.А. Некоторые особенности морфологической изменчивости можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) в гидроморфных условиях произрастания / Н.А. Михеева // Ботан. исслед. в Сибири. Красноярск. – 2002. – Вып. 10. – С. 199–205.
15. Коропачинский, И.Ю. Древесные растения азиатской России / И.Ю. Коропачинский, Т.Н. Встовская – Новосибирск: СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 707 с.
16. Крамер, П.Д. Физиология древесных растений / П.Д. Крамер, Т.А. Козловский. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 384 с.

COMPARATIVE MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL STUDYING OF THE STRUCTURE OF WOOD OF JUNIPER COMMON AND JUNIPER SIBERIAN

Zaytsev A.I., junior researcher, Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of RAS; Surso M.V., senior researcher, Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of RAS, Ph.D. (Biol.)

sheva7.it@yandex.ru, surso@iepn.ru

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 163000, Arkhangelsk, Northern Dvina Embankment, 23

*The common (*Juniperus communis* L.) and Siberian junipers (*J. sibirica* Burgsd.) are morphologically rather similar species. The low-growing types of *Juniperus communis* in the mountainous areas of Cola, Skandia, Subpolar Urals, in tundra and on the coasts of the Northern seas are often perceived as Siberian juniper. The English-language literature does not mention *J. sibirica* as an independent species, and many Russian authors often perceived *J. sibirica* as the low-growing types of juniper common. Morphologically *J. sibirica* differs from *J. communis* only in terms of habitus. The samples of common juniper and Siberian juniper were selected in the Northern taiga subzone (Belomorsko-Kuloiskoe plato) and in the Russian Far East (the Kamchatka Peninsula and the Sakhalin Island). The anatomical study of wood was held at the sectors, which included all the annual rings from the pith to the cambium. Cross-sections of wood samples with a thickness of 8-10 μm have been made on microtome HM 650V Microm (THERMO Scientific). Then the microtome cuts were placed into distilled water drops and stained with methyl green-pyronin G or 0.25% safranin water solution. The anatomical preparates were studied by the microscope Axio Scope A1 (Zeiss). Junipers of all the studied regions have similar wood structure, they are characterized by a relatively wide layer of early and narrow layer of late wood, the size of tracheids in all samples is about the same. The formation of the early wood from Siberian juniper on the Sakhalin Island has been more time stretched under the influence of the mild climate, the width of the early wood layer is more than the one of the juniper common in the Arkhangelsk region and Kamchatka, where the climatic conditions have an impact on the formation of timber. All the significant changes in the structure are associated with the climatic conditions, and there are no clear differences in the morphological and anatomical structure of wood of juniper common and juniper Siberian.*

*Keywords: common juniper, Siberian, juniper, *Juniperus communis*, *J. sibirica*, anatomy, morphology, morphometry, wood.*

References

1. Arsent'yeva T.V. *Sravnitel'no-anatomicheskoye izucheniye drevesiny J. communis L. (Cupressaceae) v svyazi s izmeneniyem zhiznennykh form* [Comparative anatomical study of wood *J. communis* L. (Cupressaceae) in connection with the change of life forms]. Problems of Botany at the turn of 20-21 centuries: proc. dokl. St. Petersburg. 1998, Vol 1, pp 6.
2. Danilov, D.N. *K biologii mozhzhevel'nika* [The biology of juniper]. Nature and socialist economy. Part I. Moscow, 1941. T. 8.
3. Barzut O.S., Surso M.V. *Drevovidnyy mozhzhevel'nik na Yevropeyskom Severe Rossii* [Arboreal juniper in European North of Russia]. Proceedings of the higher educational institutions. Forest magazine. 2010. № 2. pp 30-37.
4. Kozubov G.M., Yevdokimov A.M. *Mozhzhevel'nik v lesakh Severa* [Juniper forests in the North]. Lesnoe hozyai'stvo [Forestry]. 1965 no. 1 pp. 57-69.
5. Knyazeva S.G. *Izmenchivost' i morfostruktura prirodnoy populyatsii mozhzhevel'nika sibirskogo* [Variability and morphostructure of natural population of Siberian juniper] dis. PhD. biol. Sciences. Krasnoyarsk, 2000. 21c.
6. Knyazeva S.G. *Taksonomicheskyy rang sibirskogo mozhzhevel'nika* [Taxonomic rang of Siberian juniper]. Proc. rep. international ones. Conf. on the systematics of higher plants. Moscow, 2002. pp. 51-52.
7. Adams R.P., Hsieh C., Murata J., Pandey R.N. Systematics of *Juniperus* from eastern Asia based on Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) // *Biochem. Syst. Ecol.*, 2002. Vol. 30. pp. 231-241.
8. Hoeg O.A. *Eineren i norsk natur og tradisjon* / O.A. Hoeg. Norveg, Eleverum Trykk AS Tlverum, 1996. 168 p.
9. Arnborg H.G. *Eneboken* / H. G. Arnborg. Bindning Wickstroms Bokbinderi AB, Uddevalla, 1994. – 272 p.
10. Rubanik V.G., Parshina Z.I. *Dekorativnyye formy khvoynykh v ozelenenii Kazakhstana* [Decorative forms of conifers in Kazakhstan landscaping]. Alma-Ata, 1975. pp. 48-52.
11. Vishnyakov G.V. *Dekorativnyye formy mozhzhevel'nika sibirskogo, perspektivnyye dlya zelenogo stroitel'stva* [Decorative shapes Siberian juniper promising for green building]. Ornamental plants and green building above the Arctic Circle. Apatity, 1987. pp. 41-43.
12. Kharlamova S.V. *Vnutripopulyatsionnaya izmenchivost' mozhzhevel'nika obyknovennogo* [Intrapopulation variability Juniper common]. Ecology and population genetics. Yoshkar-Ola: Periodicals, 1999. pp. 314-316.
13. Kositsyn V.N. *Biomorfologicheskiye formy Juniperus communis L. v podzone yuzhnoy taygi* [Biomorphological form *Juniperus communis* L. in the southern taiga subzone]. Abstracts IV Intern. Conf. Moscow: Publishing House, Moscow State Pedagogical Institute, 1999a. pp. 115-116.
14. Mikheyeva N.A. *Nekotoryye osobennosti morfologicheskoy izmenchivosti mozhzhevel'nika obyknovennogo (Juniperus communis L.) v gidromorfnykh usloviyakh proizrastaniya* [Some features of the morphological variability of common juniper (*Juniperus communis* L.) in hydromorphic conditions of growth]. Bot. res. in Siberia. Krasnoyarsk. 2002. Vol. 10. pp. 199-205.
15. Koropachinskiy I.YU., Vstovskaya T.N. *Drevesnyye rasteniya Aziatskoy Rossii* [Woody plants of the Asian part of Russia]. Novosibirsk, Russian Academy of Sciences, Branch "Geo", 2002. 707 p.
16. Kramer P.D., Kozlovskiy T.A. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow: Lesn. prom. [Forest. Ind.], 1983. 384 p.

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

А.В. ДАНЧЕВА, науч. сотрудник КазНИИЛХ, канд. с.-х. наук,
С.В. ЗАЛЕСОВ, проф. УГЛУУ, д-р с.-х. наук,
Б.М. МУКАНОВ, проф. КазНИИЛХ, д-р с.-х. наук

a.dancheva@mail.ru, prec-nir@usfeu.ru
Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации,
021704, Казахстан, Щучинск, ул. Кирова, 58
Уральский государственный лесотехнический университет
620110 г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, Россия

Приводятся результаты исследований влияния рекреационных нагрузок на биометрические параметры ассимиляционного аппарата сосновых древостоев основных типов леса (на примере ГНПП «Бурабай»). Изучено влияние лесорастительных условий, степени увлажнения и освещенности на такие показатели ассимиляционного аппарата, как длина хвои, масса 1 пары хвоинок и прирост центрального побега. В результате проведенных исследований установлено, что со снижением увлажнения в исследуемый период (май-июль) прослеживается уменьшение длины хвои, массы 1 пары хвоинок и увеличение прироста побега. Наиболее выраженные различия отмечаются в очень сухих условиях произрастания (тип леса С). Увеличение освещенности и площади роста за счет снижения полноты древостоя до 0,7 после проведения лесохозяйственных мероприятий, в частности рубок ухода, влечет за собой увеличение длины хвои и массы 1 пары хвоинок – в среднем на 26–36 %. Установлено, что увеличение рекреационных нагрузок от 12,0 чел./га/дн. и более способствует уменьшению длины хвои, прироста побега и массы 1 пары хвоинок, в среднем, на 30–35 %. В сухих условиях произрастания данная закономерность более выражена, в сравнении со свежими. Установлена взаимосвязь между показателем жизненного состояния и длиной хвои в виде регрессионных уравнений. Согласно полученным данным можно утверждать, что такие биометрические показатели ассимиляционного аппарата сосны, как длина хвои, прирост центрального побега и масса 1 пары хвоинок, могут быть использованы в качестве основных диагностических показателей состояния как всего древостоя в целом, так и каждого дерева в отдельности. В насаждениях рекреационного назначения указанные биометрические параметры позволяют устанавливать негативные последствия рекреации на ранних стадиях и своевременно назначать лесоводственные мероприятия, направленные на повышение устойчивости сосновых древостоев.

Ключевые слова: сосновые древостои, биометрические параметры, ассимиляционный аппарат, лесорастительные условия, рекреационные нагрузки.

На всех стадиях развития человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор, как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился объем этого вмешательства, оно стало многообразнее и сейчас грозит стать глобальной опасностью для человечества [5]. В настоящее время биосфера Земли подвергается нарастающему антропогенному воздействию.

По мнению ряда авторов [12, 13], важными показателями жизнеспособности и потенциальных возможностей лесных насаждений являются характеристики развития и функционального состояния ассимиляционного аппарата деревьев.

Во всем мире была и остается актуальной тема использования параметров ассимиляционного аппарата для определения

состояния (жизнеспособности) деревьев в зависимости от влияния различных факторов: степени освещенности [14], лесорастительных условий [11], техногенных нагрузок [15], рекреационных нагрузок [8] и др.

Впервые для условий Казахского мелкосопочника (на примере ГНПП «Бурабай») исследовано влияние рекреационных нагрузок на биометрические параметры ассимиляционного аппарата сосновых древостоев различных лесорастительных условий и обоснование возможности использования последних в качестве диагностических показателей при определении состояния как древостоя в целом, так и каждого дерева в отдельности.

Материалы и методы

Исследования биометрических показателей хвои сосновых древостоев проведены

на опытных участках, заложенных сотрудниками ТОО «КазНИИЛХ» на территории Государственного национального природного парка (ГНПП) «Бурабай» в чистых по составу сосновых насаждениях очень сухих (тип леса – C_1) и свежих (тип леса – C_3) условий произрастания. Постоянные пробные площади (ППП) заложены в трех функциональных зонах (ФЗ): I ФЗ (ППП-2 и 5) – зона активного посещения; II ФЗ (ППП-1) – зона умеренного посещения и III ФЗ (ППП-3к и 4к) – зона слабого посещения (условно контроль) (Данчева и др., 2013). Класс возраста исследуемых насаждений – VI класс, бонитета – IV. Полнота на всех ППП 1,0. На ППП-4к – 0,7.

Диаметр у исследуемых деревьев измерялся на высоте 1,3 м в двух направлениях (с точностью до 0,1 см) при помощи штангенциркуля. Высота деревьев определялась базисным высотомером (Suunto PM-5/1250) с точностью до 0,1 м.

Для каждого дерева определялся коэффициент, соответствующий его жизненному состоянию по методике [1]. При показателе 100–80 % жизненное состояние древостоя оценивается как «здоровое», при 79–50 % древостой считается поврежденным (ослабленным), при 49–20 % – сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19 % и ниже – полностью разрушенным.

Исследования биометрических параметров хвои и побегов проводились в соответствии с методическими рекомендациями [6], а также [4, 10] и др.

С каждого дерева срезали 3–4 модельные ветви в нижней части кроны с южной стороны и высушивали до воздушно-сухого состояния. Охвоенные побеги одно-, двух- и трехлетнего возраста брали с ветвей III и IV порядка ветвления. Измеряли и рассчитывали следующие показатели: длину хвои (мм), прирост побега (мм) и массу 1 пары хвоинок ($г \cdot 10^3$). Длину хвои и прирост побегов измеряли с точностью до 1 мм миллиметровой линейкой. Массу хвоинок определяли с точностью до 0,0001 г на электронных весах марки AR-2140. Обмер производился в 4-кратной повторности. Степень обоснованности и достоверность результатов исследований бази-

руются на значительном экспериментальном материале. Взяты образцы у 58 деревьев сосны, проанализировано 12922 пар хвоинок, 874 побега и 858 навесок хвои.

Для обработки данных привлекался статистический и регрессионный методы.

Результаты и обсуждение

По мнению некоторых авторов [2, 7], масса формирующихся листьев в значительной мере определяется погодными условиями, а у многолетних растений – и их состоянием к началу периода вегетации, а также содержанием запасных веществ, обеспечивающих начальные этапы роста.

Результаты проведенных нами исследований подтверждают данный факт. Согласно анализу метеорологических данных, предоставленных сотрудниками КазНИИЛХ, погодные условия за исследуемый период – май–июль 2011, 2010 и 2009 гг. значительно различаются (табл. 1). 2010 г. характеризовался значительной засушливостью. Количество дней с осадками за анализируемый период в 4,7–5,0 раза меньше в сравнении с данным показателем в 2009 и 2011 гг. Средняя температура воздуха за исследуемый период в 2010 г. на 3–4 °C выше, чем в 2009 и 2011 гг.

Данные рис. 1–3 свидетельствуют, что со снижением увлажнения в исследуемый период (май–июль) в 2010 г. прослеживается уменьшение длины хвои и массы 1 пары хвоинок и увеличение прироста побега. Наиболее выражено различия отмечаются в очень сухих условиях произрастания (тип леса C_1). Так, в 2010 г. прослеживается снижение длины хвои в среднем на 12–18 и 20–27 %, массы 1 пары хвоинок на 5–8 и 7–15 % и увеличение прироста побега на 5–37 % и 16–32 %, в сравнении с аналогичными показателями в 2009 и 2011 гг. соответственно.

В свежих условиях произрастания (тип леса C_3) длина хвои, прирост побега и масса 1 пары хвоинок в 2010 г. изменяется на 2–2,5; 6,5–10 и 6–7 % соответственно, в сравнении с 2009 г.

На развитие ассимиляционного аппарата большое влияние оказывают лесорас-

Метеорологические данные за май–июль по годам
Weather records for May–July by years

Показатели		Годы		
		2009	2010	2011
Количество дней, шт/ %	с осадками	36 39,1	7 7,6	33 35,9
	без осадков	56 60,9	85 92,4	59 64,1
	всего	92 100,0	92 100,0	92 100,0
Средняя температура воздуха, °С		18-20	22-24	19-21

Т а б л и ц а 2

Среднестатистические значения параметров ассимиляционного аппарата за 3 исследуемых года
The average values of the assimilation apparatus for 3 years studied

Показатели	Очень сухие сосняки (C ₁)					Свежие сосняки (C ₃)			
	Функциональные зоны (ФЗ)								
	I		II		III	I		III	
	<i>M ± m</i>	<i>ts</i>	<i>M ± m</i>	<i>ts</i>	<i>M ± m</i>	<i>M ± m</i>	<i>ts</i>	<i>M ± m</i>	
Длина хвои, мм	25,8 ± 0,7	9,3	32,8 ± 0,9	1,9	35,0 ± 0,7	32,2 ± 1,1	3,3	38,1 ± 1,4	
Прирост побега, мм	11,0 ± 0,4	6,2	14,7 ± 0,4	1,1	15,5 ± 0,6	14,8 ± 0,6	1,2	16,0 ± 0,8	
Масса 1 пары хвоинок, г·10 ⁻³	11,8 ± 0,4	6,6	14,7 ± 0,3	2,2	16,0 ± 0,5	13,5 ± 0,8	5,6	20,7 ± 1,0	

Значение табличного *ts* при $v > 200$ $t_{0,05} = 1,96$, $t_{0,01} = 2,58$ для сравниваемых ФЗ

тительные условия. С улучшением условий произрастания (свежие сосняки) прослеживается увеличение длины хвои, прироста побега и массы 1 пары хвоинок на 17–22 %, в сравнении с очень сухими условиями произрастания (табл. 1). Таким образом, длина хвои, прирост побега и масса 1 пары хвоинок являются надежными диагностическими показателями, характеризующими степень влагообеспеченности дерева.

По данным исследований отдельных авторов [14], на биометрические параметры ассимиляционного аппарата деревьев большое влияние оказывает степень освещенности. Зафиксированное в ходе наших исследований увеличение длины хвои и массы 1 пары хвоинок – в среднем на 26–36 % в зоне контроля (ФЗ-III) свежих условий произрастания – в 2011 г., в сравнении с двумя другими годами, подтверждает данный факт. Данное обстоятельство объясняется прошедшим в 2008 г. ветровалом и прове-

денными в связи с этим лесохозяйственными мероприятиями на данном участке, результатом которых стало снижение полноты древостоя до 0,7. Увеличение освещенности и площади роста при этом повлияло на рост и развитие хвои.

На биометрические параметры хвои существенное влияние оказывает степень рекреационного воздействия. По данным исследований [9], с увеличением рекреационных нагрузок длина хвои уменьшается в среднем до 20 %, а масса – до 40 %.

По данным наших исследований, рекреационная нагрузка 3–10 чел./га/дн. в зоне умеренного посещения (ФЗ-II), насаждения в которых характеризуются III стадией рекреационной дигрессии [3], способствует незначительному снижению параметров длины хвои, массы 1 пары хвоинок и прироста побега, в среднем на 5–10 %, в сравнении с зоной контроля (ФЗ-III). При показателе рекреационной нагрузки от 12 чел./га/дн. и более

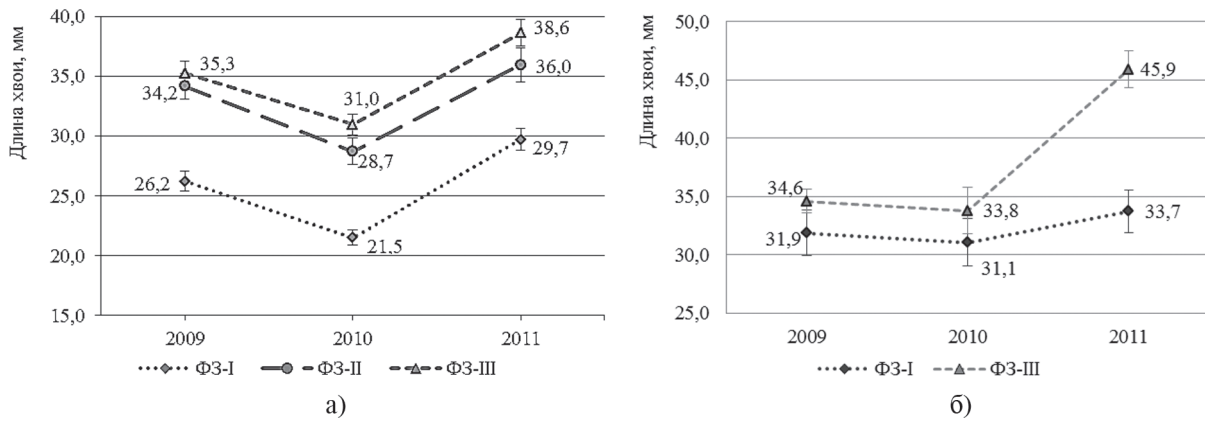


Рис. 1. Длина хвои в зависимости от условий произрастания и степени антропогенного воздействия по годам: а) очень сухие условия произрастания (тип группы леса C₁); б) свежие условия произрастания (тип группы леса C₃)
 Fig. 1. The length of the needles depending on the growing conditions and the extent of human exposure data: a) very dry growing conditions (forest type group C₁); b) fresh growth conditions (type of forest group C₃)

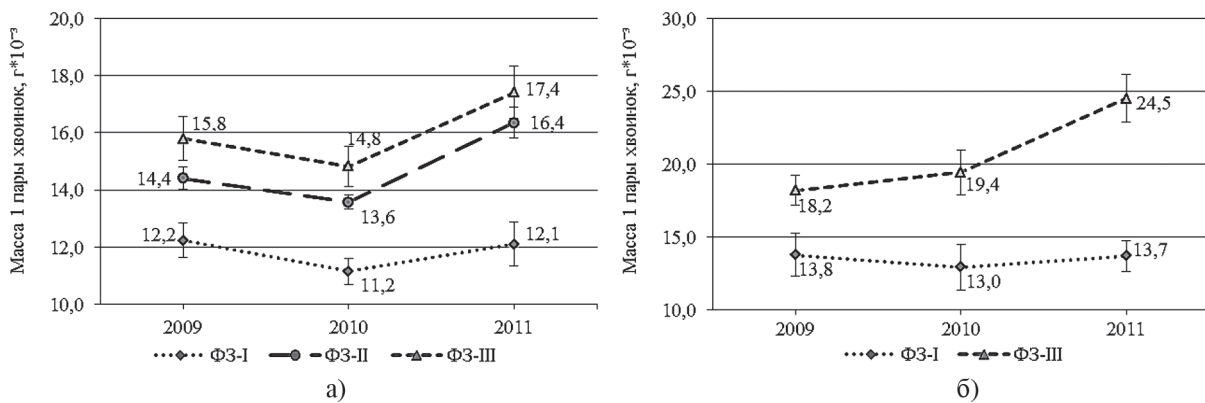


Рис. 2. Масса 1 пары хвоинок в зависимости от условий произрастания и степени антропогенного воздействия по годам: а) очень сухие условия произрастания (тип группы леса C₁); б) свежие условия произрастания (тип группы леса C₃)
 Fig. 2. Weight of 1 pair of needles, depending on the growing conditions and the extent of human exposure data: a) very dry growing conditions (forest type group C₁); b) fresh growth conditions (type of forest group C₃)

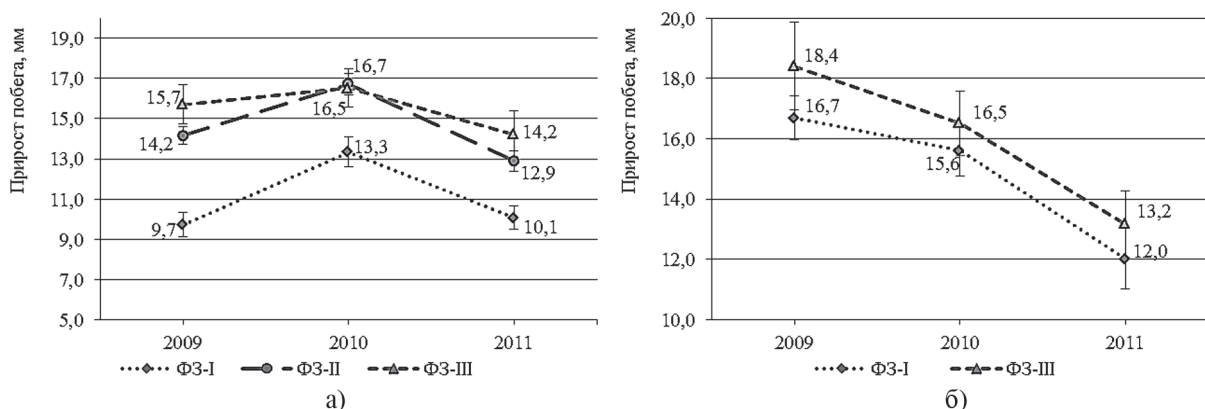


Рис. 3. Прирост побега в зависимости от условий произрастания и степени антропогенного воздействия по годам: а) очень сухие условия произрастания (тип группы леса C₁); б) свежие условия произрастания (тип группы леса C₃)
 Fig. 3. Increase in the sprout depending on growing conditions and the extent of human exposure data: a) very dry growing conditions (forest type group C₁); b) fresh growth conditions (type of forest group C₃)

**Среднестатистические величины лесоводственно-таксационных показателей
исследованных деревьев сосны по функциональным зонам**
The average value of forestry and forest indices of the studied pine trees of functional areas

Показатели	Очень сухие сосняки (С ₁)					Свежие и влажные сосняки (С ₃)		
	Функциональные зоны (ФЗ)							
	I		II		III	I		III
	$M \pm m$	<i>ts</i>	$M \pm m$	<i>ts</i>	$M \pm m$	$M \pm m$	<i>ts</i>	$M \pm m$
Диаметр, см	20,2 ± 2,2	1,0	21,9 ± 1,1	2,4	17,7 ± 1,4	19,1 ± 3,2	1,7	26,4 ± 2,8
Высота, м	13,9 ± 0,8	0,3	16,3 ± 0,3	3,1	14,2 ± 0,6	14,3 ± 1,6	2,0	17,9 ± 0,9
Показатель жизненного состояния, %	63,8 ± 4,4	1,5	77,5 ± 3,3	0,8	73,2 ± 4,4	72,2 ± 2,1	0,8	66,9 ± 6,5

Значение табличного критерия Стьюдента (*ts*) для насаждений сухих условий произрастания для ФЗ-I и ФЗ-III при $v = 31$ $t_{0,05} = 2,04$, $t_{0,01} = 2,74$; для ФЗ-II и ФЗ-III при $v = 23$ $t_{0,05} = 2,07$, $t_{0,01} = 2,81$; для свежих условий произрастания для ФЗ-I и ФЗ-III при $v = 15$ $t_{0,05} = 2,13$, $t_{0,01} = 2,95$.

в зоне активного посещения (ФЗ-I) отмечается резкое уменьшение длины хвои, в среднем на 18,0–36,0 %, масса 1 пары хвоинок – на 35–41 %, прирост побега – на 10–40 %. Выявленные различия в параметрах исследуемых биометрических показателей ассимиляционного аппарата деревьев сосны в ФЗ-I и ФЗ-III подтверждаются расчетными критериями Стьюдента (табл. 1).

Таким образом, результаты наших исследований подтверждают данные исследований вышеприведенных авторов.

По данным табл. 2, средние значения показателя жизненного состояния (ПЖС) деревьев сосны во всех исследуемых ФЗ, определяемого визуально по методике А.В. Алексеева [1], по комплексу показателей, основным из которых является состояние ассимиляционного аппарата – просматриваемость кроны, процент желтой хвои и т.д., колеблются в пределах 64–78 %, что характеризует их как «ослабленные». Достоверные различия в ПЖС между зоной активного посещения (ФЗ-I) и зоной контроля (ФЗ-III), а также между зоной умеренного посещения (ФЗ-II) и зоной контроля (ФЗ-III) отсутствуют.

Однако по результатам проведенных исследований параметров биометрических показателей хвои в рассматриваемых ФЗ отмечены существенные различия в длине хвои, массе 1 пары хвоинок и приросте побега в ФЗ-I и ФЗ-III, достоверность которых

подтверждается рассчитанным критерием Стьюдента. Данный факт, в совокупности с полученной зависимостью ПЖС от исследуемых параметров ассимиляционного аппарата в результате проведенного регрессионного анализа, дает основание утверждать, что рассматриваемые биометрические показатели ассимиляционного аппарата более точно характеризуют состояние деревьев сосны, испытывающих различную степень рекреационного воздействия.

В результате полученных данных нами была предпринята попытка установления взаимосвязи жизненного состояния деревьев сосны с биометрическими параметрами ассимиляционного аппарата методом регрессионного анализа при помощи программы, разработанной сотрудниками КазНИИЛХ, исходя из специфики лесорастительных условий региона исследований.

Для расчетов использовали показатель жизненного состояния (%), диаметр (см) и высоту дерева (м), диаметр кроны (м), протяженность (длина) кроны (м), объем стволовой древесины (м³/га), запас надземной фитомассы (т/га); фитомассу хвои (т/га), средний прирост побега за 3 года (мм), среднюю массу 1 пары хвоинок за 3 года ($г \cdot 10^{-3}$), среднюю длину хвои за 3 года (мм). На основании вычисленного коэффициента множественной корреляции (*R*) определялась степень достоверности и тесноты связи между сравниваемыми показателями.

В результате проведенных расчетов множественной регрессии в очень сухих условиях произрастания (тип леса С₁) получена зависимость показателя жизненного состояния от параметров ассимиляционного аппарата в виде регрессионных уравнений

$$y = -7,54 + 3,14 L_{кр} + 1,58 L_{хв}, R = 0,88$$

или

$$y = 8,38 + 2,00 L_{хв}, R = 0,62,$$

где y – показатель жизненного состояния (ПЖС), %;

$L_{кр}$ – протяженность (длина) кроны, м,

$L_{хв}$ – средняя длина хвои за последние 3 года, мм.

В свежих и влажных условиях произрастания не обнаружено взаимосвязи показателя жизненного состояния деревьев с биометрическими показателями ассимиляционного аппарата.

Выводы

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что биометрические показатели ассимиляционного аппарата сосны, такие как длина хвои, прирост побега и масса 1 пары хвоинок, могут быть использованы в качестве основных диагностических показателей состояния как всего древостоя в целом, так и каждого дерева в отдельности в насаждениях рекреационного назначения и выявлять происходящие изменения в них на ранних стадиях рекреационной дигрессии.

С практической точки зрения, результаты проведенных исследований могут быть применены при организации и проведении лесохозяйственных мероприятий в сосняках рекреационного назначения, в частности рубках ухода или санитарных рубках.

Библиографический список

1. Алексеев, В.А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния/ В.А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Ленинград: Наука, 1990. – С. 38–53
2. Бирюкова, З.П. Физиологические особенности сосны обыкновенной в зависимости от густоты древостоя и условий местопроизрастания / З.П. Бирюкова // Научные основы восстановления лесного фонда и повышение продуктивности лесов Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1970. – С. 122–123
3. Данчева, А.В. Уточнение функционального зонирования сосновых насаждений ГНПП «Бурабай» по величине рекреационных нагрузок / А.В. Данчева, Б.М. Муканов, С.В. Залесов // Исследования, результаты. – 2013. – № 3. – С. 109–113.
4. Залесов, С.В. Проходные рубки в сосняках южной подзоны тайги Урала: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / С.В. Залесов. – Свердловск, 1986. – 215 с.
5. Машинцов, Е.А. Оценка качества среды при помощи растений-индикаторов / Е.А. Машинцов, Е.Н. Ивановская. – Тульский ГУ, 2010. <http://www.eco-oos.ru/biblio/sborniki-nauchnyh-trudov/ekologicheskii-ustoiichivoe-razvitie-racionalnoe-ispolzovanie-prirodnih-resursov/26/>.
6. Молчанов, А.А. Методика изучения прироста древесных растений / А.А. Молчанов, В.В. Смирнов – М.: Наука, 1967. – 100 с.
7. Орлов, А.Я. Динамика массы хвои в сосновых культурах / А.Я. Орлов // Лесоведение.– 1980. – № 1. – С. 34–41
8. Репшас, Е.А. Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения / Е.А. Репшас, Е.Е. Палишкис // Лесоведение. – 1983. – № 1.– С. 3–10
9. Рысин, Л.П. Влияние рекреационного лесопользования на растительность / Л.П. Рысин, Г.А. Полякова // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 4–26
10. Цельникер, Я. Структурно-функциональные характеристики сосны и ели в зависимости от длины побегов / Я. Цельникер, И.С. Малкина, А.Г. Ковалев // Лесоведение. – 1992. – № 5.– С. 46–55
11. Musio M., Wilpert K., Augustin N. H. Crown condition as a function of soil, site and tree characteristics. *European Journal of Forest Research*, 2007, vol. 126, pp. 91–100. doi: 10.1007/s10342-006-0132-8
12. Nakajima H., Kume A., Ishida M., Ohmiya T., Mizoue N. Evaluation of estimates of crown condition in forest monitoring: comparison between visual estimation and automated crown image analysis. *Annals of Forest Science*, 2011, vol. 68, issue 8, pp. 1333–1340.
13. Rötheli E., Heiri C., Bigler C. Effects of growth rates, tree morphology and site conditions on longevity of Norway spruce in the northern Swiss Alps. *European Journal of Forest Research*, 2012, vol. 131, issue 4, pp. 1117–1125. doi: 10.1007/s10342-011-0583-4
14. Salemaa M., Lindgren M. Crown Condition. *Forest Condition in a Changing Environment Forestry Sciences*, 2000, vol. 65, pp. 121–132. doi:10.1007/978-94-015-9373-1_14
15. Solberg S., Kvindesland Sh., Aamlid D., Venn K. Crown Condition and Needle Chemistry of Norway Spruce in Relation to Critical Loads of Acidity in South-East Norway. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2002, vol. 140, issue 1-4, pp. 157–171. – doi: 10.1023/A:1020131307937

INFLUENCE OF RECREATIONAL LOADS ON BIOMETRICS OF ASSIMILATION APPARATUS OF PINE STANDS

Dancheva A.V., Researcher, KazSRIFA, Ph.D (Agricultural); Zalesov S.V., Prof. USFEU, Dr.Sci (Agricultural); Mukanov B.M., Prof. KazSRIFA, Dr.Sci (Agricultural)

a.dancheva@mail.ru, zalesov@usfeu.ru

Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry (KazSRIFA), Republic of Kazakhstan, 021704, Shchuchinsk, st. Kirov, 58

Ural State Forest Engineering University (USFEU), Russia, 620100, Ekaterinburg, st. Sibirsky tract, 37

The results of the studies on the recreational impact on the biometrics assimilation apparatus for pine stands of the main forest growth types (analyzing GNPP «Burabay») are shown in the article. The effect of the forest growth conditions, the degree of wetting and shade density on such assimilation apparatus indicators as the length of a needle, mass of a pair of pine needles and shoot increment has been studied. During the research it was found that the reduction of the wetting degree during the study period (May to July) resulted in a decrease in needle length, a pair of pine needles mass and shoot increment. Most prominent differences were found in the extra dry forest growth conditions (C₁ forest type). Increasing the shade density and the area of growth entails an increase in the needle length and a pair of pine needles mass for an average of 26-36 %. It has been established that an increase in recreational loads from 12,0 pax/ha/day and more causes shortening of needles, decrease in shoot increment and loss in mass of a pair of needles for an average by 30-35 % compared with the control value of the similar indexes. In the dry forest growth conditions this regularity is more clearly observed. The interrelation between the vital status of trees and length of needle is shown in the form of regression equation. According to the data received it is arguable that such biometric features of assimilation apparatus of a pine tree as the length of a needle, a pair of needles mass and shoot increment can be used as basic diagnostic indexes of stand conditions in the whole or in every tree in the stands. In the recreational forests specified biometric parameters allow to establish the negative effects of recreation in the early stages and hold forestry works aimed at increasing of the sustainability of pine stands timely.

Keywords: pine stands; biometric parameters of needles; forest site; recreational impact

References

1. Alekseev V.A. *Diagnostika povrezhdeniy derev'ev i drevostoev pri atmosfernom zagryaznenii i otsenka ikh zhiznennogo sostoyaniya* [Diagnosis of damage to trees and forest stands at air pollution and assessment of their living conditions] *Lesnye ekosistemy i atmosferno zagryaznenie* [Forest ecosystems and air pollution]. Leningrad: Nauka, 1990, pp. 38-53
2. Biryukova Z.P. *Fiziologicheskie osobennosti sosny obyknovnoy v zavisimosti ot gustoty drevostoya i usloviy mestoproizrastaniya* [Physiological features of Scots pine, depending on the stand density and site conditions] *Nauchnye osnovy vosstanovleniya lesnogo fonda i povyshenie produktivnosti lesov Kazakhstana* [Scientific bases of restoration of forest resources and increase the productivity of forests in Kazakhstan]. Alma-Ata: Kaynar, 1970, pp. 122-123
3. Dancheva A.V., Mukanov B.M., Zalesov S.V. *Utochnenie funktsional'nogo zonirovaniya sosnovykh nasazhdeniy GNPP «Burabay» po velichine rekreatsionnykh nagruzok* [Clarification of functional zoning pine plantations (SNNP) «BURABAY» of largest recreational pressure] *Issledovaniya, rezul'taty* [Research, results], 2013, no.3, pp. 109-113.
4. Zalesov S.V. *Prokhodnye rubki v sosnyakakh yuzhnoy podzony taygi Urala*. [Severance cuttings in the pine forests of southern taiga subzone of the Urals. Ph.D. of agricultural sci. diss.]. Sverdlovsk, 1986. 215 p.
5. Mashintsov E.A., Ivanovskaya E.N. *Otsenka kachestva sredey pri pomoshchi rasteniy-indikatorov* (2010) [Estimate of quality of the environment by means of guide plants.]. Available at: <http://www.eco-oos.ru/biblio/sborniki-nauchnyh-trudov/ekologicheski-ustoichivoe-razvitie-racionalnoe-ispolzovanie-prirodnih-resurov/26/> (accessed 24 February 2015)
6. Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy* [Method for studying growth of woody plants.]. Moscow, Nauka Publ, 1967. 100 p.
7. Orlov A.Ya. *Dinamika massy khvoi v sosnovykh kul'turakh* [Dynamics of the needle mass in pine plantations]. *Lesovedenie* [Silviculture], 1980, no.1, pp. 34-41
8. Repshas E.A., Palishkis E.E. *Digressiya i ekologicheskaya emkost' lesov rekreatsionnogo naznacheniya* [Digression and ecological capacity of recreational forests]. *Lesovedenie* [Silviculture], 1983, no. 1, pp. 3-10
9. Rysin L.P., Polyakova G.A. *Vliyaniye rekreatsionnogo lesopol'zovaniya na rastitel'nost'* [Influence of recreational forest management on vegetation]. *Prirodnye aspekty rekreatsionnogo ispol'zovaniya lesa* [Natural aspects of recreational forest utilization]. Moscow: Nauka, 1987, pp. 4-26
10. Tsel'niker Ya., Malkina I.S., Kovalev A.G. *Strukturno-funktsional'nye kharakteristiki sosny i eli v zavisimosti ot dliny pobegov* [Structural-functional characteristics of the pine and fir trees, depending on the length of the shoots]. *Lesovedenie* [Silviculture], 1992, no, pp. 46-55
11. Musio M., Wilpert K., Augustin N. H. *Crown condition as a function of soil, site and tree characteristics*. *European Journal of Forest Research*, 2007, vol. 126, pp. 91-100. doi: 10.1007/s10342-006-0132-8
12. Nakajima H., Kume A., Ishida M., Ohmiya T., Mizoue N. *Evaluation of estimates of crown condition in forest monitoring: comparison between visual estimation and automated crown image analysis*. *Annals of Forest Science*, 2011, vol. 68, issue 8, pp. 1333-1340.
13. Rötheli E., Heiri C., Bigler C. *Effects of growth rates, tree morphology and site conditions on longevity of Norway spruce in the northern Swiss Alps*. *European Journal of Forest Research*, 2012, vol. 131, issue 4, pp. 1117-1125. doi: 10.1007/s10342-011-0583-4
14. Salemaa M., Lindgren M. *Crown Condition. Forest Condition in a Changing Environment* *Forestry Sciences*, 2000, vol. 65, pp. 121-132. doi:10.1007/978-94-015-9373-1_14
15. Solberg S., Kvindesland Sh., Aamlid D., Venn K. *Crown Condition and Needle Chemistry of Norway Spruce in Relation to Critical Loads of Acidity in South-East Norway*. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2002, vol. 140, issue 1-4, pp. 157-171. doi: 10.1023/A:1020131307937

СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ И ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСАХ НП «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ»

В.И. ОБЫДЁННИКОВ, проф. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, д-р с.-х. наук,
 А.П. ТИТОВ, доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ,
 В.В. ЛЕБЕДЬКО, студент МГУЛ

caf-lesovod@MSFU.ac.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
 141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Из всех видов продуктивности леса важнейшим для лесов рекреационного значения является экологическая продуктивность. Экологическая продуктивность леса определяется оценкой его средообразующей роли, возможностей техногенных и рекреационных нагрузок. Одним из непосредственных воздействий (воздействий рекреаций) на состояние лесной экосистемы является степень вытаптывания территории и характер поврежденного живого напочвенного покрова. Исследования дорожно-тропиночной сети и состояние живого напочвенного покрова в связи с рекреационным использованием проведено в течение 5 лет на 69 участках в сложной мелко травной, кисличной, черничной и широко травной группах типов леса НП «Лосиный остров». Описание живого напочвенного покрова осуществлялось по методике академика В.Н. Сукачева. Наибольшая общая вытаптанная площадь (80 %) – в кисличной группе типов. Однако в этой группе типов суммарная площадь со средней и сильной степенью вытаптанности имеет небольшую долю (около 8 %). В сложной мелко травной и сложной широко травной группах типов общая вытаптанная площадь составляет 70 %. В черничной группе типов значительную долю (более 30 %) составляет вытаптанная площадь с сильной и со средней интенсивностью. Это в основном связано с близостью водоемов. Вытаптывание площади в процессе рекреационного лесопользования приводит к уплотнению верхнего горизонта почвы и, следовательно, к ухудшению воздушного, водного и теплового режима. В связи с этим происходит изменение состава растительности, их обилия, снижения проективного покрытия и встречаемости. В местах с наличием злаковой растительности образуются дернины, затрудняющие возобновление древесных растений. Живой напочвенный покров является чутким индикатором изменения лесорастительных условий в связи с рекреационным лесопользованием. В сложной мелко травной группе типов леса, в которой преобладают березняки в живом напочвенном покрове, большей частью встречается зеленчук желтый, гравилат городской, сныть обыкновенная, осока. В кисличной группе типов леса состав и обилие живого напочвенного покрова зависит от лесной формации, сомкнутости полога древостоя и степени вытаптанности площади участков. В еловых насаждениях наблюдается заметная зависимость проективного покрытия в ельниках от степени вытаптанности площади. В сосняках чаще всего встречается щучка, живучка и ландыш майский. В сложной широко травной группе типов при значительной вытаптанности площади (30–40 %) преобладает недотрога. В черничной группе типов чаще всего разрастается щучка. Это связано с заметной влажностью почвы и значительным уплотнением верхней части почвы.

Ключевые слова: экологическая продуктивность, вытаптанная площадь, рекреационное лесопользование.

Рекреационное лесопользование является одним из важнейших элементов лесоводственных систем. Из всех видов продуктивности важнейшим для лесов рекреационного значения является экологическая (понятие предложено И.С. Мелеховым) [2]. Экологическая продуктивность леса определяется оценкой его средообразующей роли, защитных свойств, возможностей техногенных, рекреационных и других нагрузок [2]. Следовательно, вопросы, связанные с поддержанием и повышением рекреационного потенциала леса, являются составной частью проблемы повышения экологической продуктивности. Для решения этих задач необходимо изучение и оценка состояния рекреационных лесов.

Оптимизация рекреационного лесопользования возможна лишь при учете всего комплекса явлений и процессов природного,

технологического, экономического, социального и иного характера [1, 3, 4, 7]. При этом особое внимание следует уделять социальным потребностям населения и возможностям природы леса противостоять негативным воздействиям рекреационных нагрузок.

Важнейшим непосредственным воздействием (воздействием рекреации) на состояние лесной экосистемы является вытаптывание территории и характер повреждения живого напочвенного покрова [1, 5–7]. От таких показателей воздействия рекреации зависит состояние и динамика экосистем в целом и их компонентов в отдельности. Степень вытаптанности площади и характер повреждения живого напочвенного покрова проявляется неодинаково в разных типах леса (или группах типов), на почвах различного механического состава и влажности верхних горизонтов. Исследование дорожно-транспортной сети

и состояния живого напочвенного покрова в связи с рекреационным лесопользованием проводилось в течение 5 лет на 69 участках в сложной мелкотравной, кисличной, черничной и сложной широколиственной группах типов леса в березовой, дубовой, липовой, сосновой, еловой и лиственной формациях НП «Лосинный остров». Описание живого напочвенного покрова проводилось по методике В.Н.Сукачева [10].

В процессе изучения последствий рекреационного лесопользования в НП «Лосинный остров» нами была предложена классификация дорожно-тропиночной сети [5]:

– автомобильная дорога – ширина $4,0 \pm 0,5$ м;

– пешеходная дорожка – ширина $2,5 \pm 0,5$ м;

– тропа внутри участка (выдела) леса: живой напочвенный покров отсутствует, ширина $0,9 \pm 0,2$ м;

– хорошо выраженная тропинка: проективное покрытие живого напочвенного покрова до 5 % (по обычной тропинке), ширина $0,7 \pm 0,1$ м;

– средневыраженная тропинка: проективное покрытие живого напочвенного покрова 5–10 %, ширина 0,5 м;

– слабо выраженная тропинка; проективное покрытие живого напочвенного покрова 15–20 %, ширина до 0,5 м.

Кроме того, на участках леса выделены фрагменты с вытоптанной площадью, с внешними признаками отдельных вышеприведенных элементов дорожно-тропиночной сети.

По характеру воздействия рекреации на поверхность почвы и живой напочвенный покров вытоптанную площадь сведем в 3 группы:

1. Слабая степень вытоптанности охватывает слабо выраженные тропинки и фрагменты участков с такими же признаками, как у слабо выраженной тропинки.

2. Средняя степень вытоптанности объединяет средневыраженные тропинки и фрагменты участков с такими же признаками, как и у средневыраженных тропинок

3. Сильная степень вытоптанности площади. К ней относятся тропы, хорошо выраженные тропинки.

Степень вытоптанности площади в связи с рекреацией определяется рекреационным потенциалом лесных насаждений (привлекательностью, комфортностью), близостью водоемов, жилых массивов, дорог и другими факторами. При этом важную роль играют группы типов леса и лесные формации (сосновая, еловая, березовая и др.). В табл. 1 приведены сведения о характере вытоптанности площади в исследованных группах типов леса, а в пределах групп типов – по лесным формациям.

Наибольшая общая вытоптанная площадь (80 %) в кисличной группе типов леса. Однако в этой группе суммарная площадь со средней и сильной степенью вытоптанности имеет небольшую долю (около 8 %). Она по размерам является самой минимальной по сравнению с другими группами типов (табл.1). В сложной мелкотравной и сложной широколиственной группах типов общая вытоптанная площадь по размерам почти не отличается (70 %). В пределах 3 % суммарная площадь со средней и сильной степенью вытоптанности отличается в означенных группах типов (22 % и 25 %). В черничной группе типов суммарная площадь со средней и сильной степенью вытоптанности составляет более десятой части территории.

В сложной мелкотравной группе встречаются участки со значительно вытоптанной площадью, в частности на участках в березовой формации, которые граничат или с магистральной дорогой, или находятся рядом с жилыми массивами, или водоемами.

В сложной широколиственной группе типов в большей степени вытоптана площадь с сильной и средней интенсивностью. В дубовых и еловых формациях она составляет более 30 %. В черничной группе в большей мере вытоптана площадь (с сильной и средней интенсивностью). В березняках она занимает около 20 %. Это связано с близостью водоемов.

Если брать во внимание только размеры площади со средней и сильной вытоптанностью, оказывающие заметное влияние на лесные экосистемы, то существенные различия в средних показателях имеются у всех групп типов леса за исключением сложной мелкотравной и сложной широколиственной (табл. 2).

Степень вытаптывания площади в разных группах типов леса (по лесным формациям)
The degree of trampling of different groups of forest types (by forest formation)

Группа типов леса	Лесная формация	Степень вытоптанности площади, %				Неповрежденная площадь, %
		сильная	средняя	слабая	итого	
Сложная мелкотравная	Березовая	9,59	9,14	11,03	29,76	70,24
	Сосновая	11,36	8,1	6,14	25,6	74,4
	Лиственничная	13,3	13,27	5,06	31,66	68,34
	Ср. данные по группе типов	11,37	10,17	7,41	28,95	71,05
Кисличная	Березовая	9,3	6,59	8,75	24,64	75,36
	Сосновая	6,66	5,88	7,06	19,6	80,4
	Еловая	7,25	4,66	4,34	16,25	83,75
	Ср. данные по группе типов	7,73	5,71	6,72	20,16	79,86
Черничная	Березовая	5,4	12,9	16,2	34,5	65,5
	Сосновая	6,3	1,5	10,5	18,3	81,7
	Ср. данные по группе типов	5,85	7,2	13,35	26,4	76,85
Сложная широколиственная	Березовая	12,5	2,6	6,1	21,2	78,8
	Дубовая	26,2	14,36	3,75	44,3	55,7
	Липовая	4,42	4,62	8,1	17,14	82,86
	Еловая	29,1	6,5	3,3	38,9	61,1
	Ср. данные по группе типов	18,02	6,92	5,32	30,24	69,74

Разработанная нами классификация дорожно-тропиночной сети позволяет устанавливать в каждом участке леса пространственное размещение вытоптанной площади с разной интенсивностью, которая зависит от воздействия рекреационных нагрузок.

Вытаптывание площади в процессе рекреационного лесопользования приводит к уплотнению верхнего горизонта почвы и, следовательно, к ухудшению водно-воздушного и теплового режима [6, 8, 9].

В связи с этим происходит изменение состава видов растительности, их обилия, снижение проективного покрытия и встречаемости. В местах с наличием злаковой растительности образуется дернина, затрудняющая возобновление древесных пород.

Известно, что растительность живого напочвенного покрова является чутким индикатором изменения лесорастительных условий (и прежде всего почвенных) в связи с рекреационным лесопользованием. Академик В.Н. Сукачев указывал на то, «что растительность – очень чувствительный показатель тех или иных почвенных условий, а иногда отмечают такие различия в почве, каких сов-

ременный анализ нам не дает»[7].

Рассмотрим изменение живого напочвенного покрова в разных группах типов лесов НП «Лосиный остров», подверженных влиянию рекреации.

В сложной мелкотравной группе типов леса, в которой преобладают березняки, в живом напочвенном покрове большей частью встречается зеленчук желтый, гравилат городской, сныть обыкновенная, осоки (табл. 3).

При вытоптанности площади до 25 % связь между характером повреждения почвы и встречаемостью зеленчука не наблюдается. Однако при вытоптанности площади в пределах 40 % происходит снижение проективного покрытия этого вида.

В кисличной группе типов леса состав и обилие живого напочвенного покрова зависят от лесной формации, сомкнутости полога древостоя и степени вытоптанности площади участков. В еловых насаждениях наблюдается заметная зависимость проективного покрытия вейника от степени вытоптанности площади в диапазоне 5–20 % полноты древостоя. С увеличением сомкнутости древес-

Оценка существенной разности средних величин вытоптанной площади (сильной и средней степени) в разных группах типов леса
Assessment of significant difference of the trampled area middle values (severe and moderate) in the different groups of forest types

Группа типов леса	M+m, %	Критерий Стьюдента		Группа типов леса	M+m, %	Критерий Стьюдента	
		t факт.	t табл.			t факт.	t табл.
Сложная мелкотравная	21,6±1,80	3,92	2,1	Черничная	13,05±1,22	0,20	2,1
Черничная	13,05±1,22			Кисличная	13,45±1,40		
Сложная мелкотравная	21,6±1,80	3,44	2,1	Черничная	13,05±1,22	4,12	2,1
Кисличная	13,45±1,40						
Сложная мелкотравная	21,6±1,80	1,1	2,1	Кисличная	13,45±1,40	3,88	2,1
Сложная ширококравная	25,13±2,66			Сложная ширококравн	25,13±2,66		

Характеристика преобладающих видов растительности живого напочвенного покрова на участках (1, 2, 6–16) в березниках мелкотравной группы типов
Characteristics of the prevailing plant species of the living ground cover in areas (1, 2, 6-16) of multi-storeyed birch forest groups with small grass

Названия растений	Единицы измерения	Номер участка													
		1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Зеленчук желтый	Пр.покр. %	30,5	25,8	16,9	23,5	21	15,4	10,5	17,3	1,8	16,4	20,9	28,2	12,2	
	Встреч., %	100	95	100	100	100	75	80	95	30	100	100	100	65	
Копытень европейский	Пр.покр. %	4,4	0,6	2,9	8,1	–	–	2,1	0,5	3,2	8,2	3,9	6	1,2	
	Встреч., %	60	15	50	75	–	–	30	10	30	100	100	100	65	
Кислица обыкновенная	Пр.покр. %	0,6	0,2	–	0,4	1,4	–	0,3	0,4	0,4	0,6	0,3	0,2	sol	
	Встреч., %	35	10	–	25	75	20	15	55	50	45	40	55	30	
Осока волосистая	Пр.покр. %	4,6	11,3	4,3	4,3	11,5	12,1	14,5	12,8	8	–	4	1,8	15,7	
	Встреч., %	25	15	35	50	60	35	80	60	30	–	45	20	75	
Щучка	Пр.покр. %	2,1	0,1	–	–	2,3	2,2	0,2	6	3,3	0,8	1	–	6,4	
	Встреч., %	20	10	–	10	25	35	10	30	50	25	25	–	60	
Сныть обыкновенная	Пр.покр. %	2,4	7,1	2,8	4,7	1,1	2,4	3,9	3,0	3,2	–	2,3	1,8	2,1	
	Встреч., %	30	60	35	55	30	45	55	20	70	–	20	25	70	
Вейник тростниковидный	Пр.покр. %	–	0,6	0,5	0,2	0,4	0,4	0,8	–	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	
	Встреч., %	–	30	30	20	30	15	30	–	30	10	15	25	20	
Гравилат городской	Пр.покр. %	0,2	1,8	0,3	0,2	1,6	0,9	2,7	1,9	4,2	0,6	0,1	0,1	1,4	
	Встреч., %	25	60	30	35	25	15	15	30	45	45	55	50	50	
Общее пр. покрытие		52,2	52,1	33,5	45,5	42,8	63,7	49,5	46,6	36	56	39,8	47,6	45,4	

ного полога снижается обилие вейника и возрастает обилие кислицы. В сосняках той же группы типов в покрове чаще всего встречаются щучка, живучка и ландыш майский. Зеленчук с покрытием 18–27 % встречается на третьей части участков. Вейник занимает 2/3 обследованных участков с проективным покрытием широкого диапазона (от 1 до 15 %) (табл. 4).

В сложной ширококравной групп типов (в ельниках) при значительной вытоптанности площади (36–40 %) преобладают недотрога (проективное покрытие 7–12 %) и зеленчук желтый (проективное покрытие около 8 %) (табл. 5). В лиственных лесах (в дубняках, липняках и березняках) той же группы типов леса (сложной ширококравной) обильно произрастает зеленчук (проективное покрытие в

Характеристика живого напочвенного покрова (с костант. 2 и выше) на обследованных участках (3, 4, 20 – Лосиноостровского лесопарка; 22, 24, 27, 32 Алексеевского лесопарка; 35, 38 Мытищинского лесопарка) в сосняках кисличной группы типов
Characteristics of the living ground cover (with Kostant. 2 and above) in the surveyed area (3, 4, 20 - Forest Park Losinoostrovsky, 22, 24, 27, 32 Forest Park Alekseevsky, 35, 38 Forest Park Mytishchi)
in shamrock bilberry type groups of pine

Название растения	Номер участка																		
	3		4		20		22		24		27		32		35		38		
	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	Проект. покр., %	Встр., %	
Зеленчук желтый	22	90	27,9	100	18,4	100	0,2	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Гравилат городской	1,4	60	2,2	55	–	–	0,2	5	2,4	45	–	–	–	–	1,4	60	0,2	25	
Щучка	4,8	45	0,2	10	1,6	35	0,9	25	0,8	30	0,3	10	0,6	15	–	–	10	0,2	10
Ландыш майский	0,3	20	0,4	15	0,3	25	4,8	50	1,9	25	5,2	80	2,6	40	0,9	35	1,5	35	
Живучка ползучая	1,4	30	3,2	55	1,6	60	2,9	60	2,6	55	0,3	20	0,7	25	–	–	0,5	5	
Вейник	–	–	–	–	–	–	15	45	2,8	30	12	90	0,8	15	4,7	50	1,3	20	
Полынь	–	–	–	–	–	–	–	–	0,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Другие виды	15,0	–	6,2	–	20,4	–	10,7	–	19,1	–	32,2	–	14,9	–	26,6	–	27,8	–	
Общее покр.	44,6	–	46,1	–	40,6	–	19,7	–	25,7	–	39,8	–	–	–	–	–	–	–	
Поврежд.пл. %	13,2	–	10,8	–	21,8	–	25,8	–	20,2	–	14	–	34,5	–	20,3	–	16	–	

Т а б л и ц а 5

Характеристика живого напочвенного покрова в еловых насаждениях сложной широколиственной группы (со встречаемостью видов 10 % и более) (Яузский лесопарк)
Characteristics of the living ground cover in spruce stands of the complicated wide grass groups
(with the occurrence of species of 10% or more) (Forest Park Yauza)

Название растения	Номер участка			
	6		7	
	Проект. покр., %	Встреч., %	Проект. покр., %	Встреч., %
Недотрога	12,3	90	6,8	80
Гравилат городской	–	–	1	80
Живучка ползучая	0,7	35	1	40
Зеленчук желтый	7,5	70	7,8	65
Щучка	0,3	20	1,4	30
Кислица	0,5	30	1,4	40
Орляк	0,8	45	3,5	45
Ландыш	1,5	40	0,5	15
Копытень европейский	2,2	35	–	–
Вейник тросниковидный	0,2	25	0,8	30
Другие виды	1,3	–	0,8	–
Общее проективное покрытие; %.	27,3	–	26	–
Поврежденная (вытоптанная) площадь, %	36,4	–	41,4	–

основном более 10 %), недотрога (покрытие 4–10 %) и гравилат городской (табл. 6).

В черничной группе живой напочвенный покров изучался на двух участках березовой формации и одном – сосновой формации. На участках березовой формации,

расположенных вблизи водоемов, в связи со значительными рекреационными нагрузками (вытоптанная площадь на одном занимает более 30 %, на другом – около 40 %), в покрове преобладает щучка (луговик дернистый) (табл. 6). Это связано с наличием влажной

Характеристика живого напочвенного покрова в черничной группе типов: в березовых насаждениях (участках 5, 17 Лосиноостровского лесопарка) и сосновом насаждении (участок 23 Алексеевского лесопарка)

Characteristics of the living ground cover in the blueberry group types in birch stands (sections 5, 17 Forest Park Losinoostrovsky) and pine plantation (section 23 Forest Park Alekseevsky)

Название растения	Березняк				Сосняк	
	5 участок		17 участок		23 участок	
	Проект. покр., %	Встреч., %	Проект. покр., %	Встреч., %	Проект. покр., %	Встреч., %
Зеленчук желтый	1,1	20	0,5	15	6	65
Гравилат городской	3,7	55	0,6	25	–	–
Сныть обыкновенная	4,3	55	4,2	60	–	–
Щучка	13,3	95	15	70	–	–
Осока волосистая	–	–	10	30	12,8	50
Орляк	1	20	0,4	30	8,7	80
Хвощ лесной	14,4	85	4,8	40	–	–
Живучка ползучая	1,2	15	1,2	35	1,3	35
Грушанка	1	55	0,7	30	–	–
Вероника дубравная	0,2	15	1	10	–	–
Звездчатка дубравная	0,7	30	0,2	30	0,8	30
Крапива обыкновенная	5,4	35	–	–	–	–
Другие виды	11,6	–	5,4	–	2,9	–
Общее проект., покр., %	53,7	–	43,8	–	38,5	–
Поврежденная площ., %	38,1	–	30,9	–	18,3	–

почвы и с сильным уплотнением ее верхних горизонтов.

В таких условиях, как отмечал И.С. Мелехов, успешно развивается этот вид живого напочвенного покрова. Заметное участие принимает хвощ лесной, сныть и гравилат. На участке сосновой формации с меньшей долей вытоптанной площади (18 %) в покрове преобладают орляк, зеленчук, копытень и недотрога. Для этой лесной формации характерны почвы с более легким механическим составом и меньшей влажностью, что не способствует развитию щучки.

Многолетние исследования поверхности почвы и живого напочвенного покрова в рекреационных лесах НП «Лосинный остров» проводились в наиболее представленных группах типов леса: в сложной мелкотравной, кисличной, сложной широколиственной и черничной. Выявлены существенные различия в показателях средних размеров общей вытоптанности площади у сложной мелкотравной и кисличной групп, черничной и кисличной и кисличной и сложной широколиственной групп типов леса. Особое

внимание уделялось изучению поверхности почвы со средней и сильной степенью вытоптанности, которые чаще всего негативно влияют на состояние лесных экосистем. Что касается повреждений, то существенные различия средних размеров вытоптанной площади имеются у всех групп за исключением сложной мелкотравной.

Библиографический список

1. Конашева, С.И. Основы лесопаркового хозяйства: учеб. пособие / С.И. Конашева – Уфа: БГАУ, 2004. – 182 с.
2. Мелехов, И.С. Лесоводство: учебник 3-е изд. / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 2005. – 324 с.
3. Обыденников, В.И. Состояние нижних ярусов рекреационных лесов НП «Лосинный остров» / В.И. Обыденников, А.П. Титов, Е.В. Ефимова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2005. – № 5 (41). – С. 97–102.
4. Обыденников, В.И. Современное состояние рекреационных лесов Национального парка «Лосинный остров» / В.И. Обыденников, В.Д. Ломов, А.П. Титов // Актуальные проблемы рекреационного лесопользования. Межд. конф. Тез. докладов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – С. 25–27.
5. Обыденников, В.И. Особенности формирования дорожно-тропиночной сети в связи с группами типов леса / В.И. Обыденников, А.П. Титов // Состояние природных комплексов на особо охраняемых территориях. – Пушк. – 2008. – С. 83–90.

6. Обыденников, В.И. Лесоводственные аспекты исследований рекреационных лесов / В.И. Обыденников, А.С. Юдакова, Э.М. Абдураимова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2010.– № 15(75). – С. 4–7.
7. Рысин Л.П. Рекомендации по оценке последствий рекреационного лесопользования в лесопарках Москвы / Л.П.Рысин, С.Л.Рысин // Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве. Анал. доклад по данным мониторинга 1999.– М.: Прима-Пресс, 2000. – С. 213–226.
8. Рысина Г.Б. Влияние рекреационного лесопользования на растительность леса / Г.Б. Рысина, Л.П. Рысин // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 26–35.
9. Рысин С.Л. Оценка рекреационного потенциала искусственных насаждений в пригородных лесах / С.Л. Рысин – М.: МГУЛ, 1996.– 27 с.
10. Сукачев В.Н. Избранные труды. Основы лесной типологии и биогеоценологии / В.Н.Сукачев. Т.1. – Л.: Наука, 1972. – 418 с.

THE STATE OF THE SOIL SURFACE AND FIELD LAYER IN THE RECREATIONAL FORESTS NATIONAL PARK «LOSINIY OSTROV»

Obydennikov V.I., Prof. MSFU, Dr.Sci (Agricultural); **Titov A.P.**, Assoc. Prof. MSFU; **Lebedko V.V.**, MSFU

caf-lesovod@MSFU.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

The ecological productivity of the forest is the most important type of forest productivity and it is estimated by its role in the formation of environment and possibilities of the technological and recreational load capacities. One of the direct influences which affect the state of forest ecosystem is the trampling of the territory and the type of field layer damages. The research of road and path net and the state of field layer in the connection with the recreational use of the forest has been carried out during the 5 year period on 69 plots in multi-storeyed groups with small grass, shamrock bilberry, wide grass shamrock bilberry, and wide grass groups of such types of forest as national park «Losiny Ostrov». The description of the field layer has been accomplished according to academic V.N. Sukatchov's methods. The largest trampling area (80 %) occurs in the shamrock group of types. However, in this group of soil types the overall area with medium and highest degrees of trampling occupies only a small part (approximately 8 %). In the multi-storeyed groups with small grass and in multi-storeyed wide grass groups of types the overall trampling area is 70 %. In the bilberry group of soil types a considerable part (more than 30 %) is a trampling area with strong and medium intensities. The reason for this is the neighboring water bodies. Trampling of areas during the process of recreational forest use results in the compression of the upper soil layer and thus to air, water and thermal conditions worsening. The change in the vegetation structure, its abundance, lowering of the projective cover, and frequency of plants takes place as a result. Bunches appear in places with cereal plants, which cumpers the renewal of wood. The field layer is a sensitive indicator of changing the forest use conditions, connected with the recreational forest use. In a multi-storeyed small grass forest with birch trees prevailing Galeobdolon luteum, Geum urbanum, Aegopodium podagraria, Carex sp. are part of the field layer. In the shamrock forest group the stand composition and the abundance of the field layer depends on the forest formation, the crown closure and the area trampling level. In the pine stands Deschampsia caespitosa can be seen most often. In multi-storeyed wide grass group with a considerable trampling level (30-40 %) Impatiens prevails. In the bilberry group of forest types Deschampsia grows more often. Its growth results from the soil dampness and from the upper soil compression are given in the article.

Keywords: ecological productivity, trampled area, recreational forest

References

1. Konasheva, S.I. *Osnovy lesoparkovogo khozyaystva* [The principles of recreational forest management]. Ufa, prin. BSAU, 2004. 182 p.
2. Melechov I.S. *Lesovodstvo* [Forestry text book]. Moscow, MSFU, 2005. 324 p.
3. Obydennikov V.I., Titov A.P., Efimova E.V. *Sostoyanie nizhnikh yarusov rekreatsionnykh lesov NP «Losinyy ostrov»* [Condition of low stratas of recreational forest of N.P. « Losiny ostrov»]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2005, no.5(41), pp. 97-102.
4. Obydennikov V.I., Lomov V.D., Titov A.P. *Sovremennoe sostoyanie rekreatsionnykh lesov Natsional'nogo parka «Losinnyy ostrov»* [The contemporary condition of recreational forests of National park « Losiny ostrov»]. The actual problems of recreational use of forest. International conference. The sises of reports. Moscow, Company of science contions KMK, 2007, pp. 25-27.
5. Obydennikov V.I., Titov A.P. *Osobennosti formirovaniya dorozhno-tropinochnoy seti v svyazi s gruppami tipov lesa* [The peculiarities of roadpath net form in connection with forest types groups]. The condition of natural complex in the special save natural territories. Pushkino, pp. 83-90.
6. Obydennikov V.I., Judacova A.S., Abduraimova E.M. *Lesovodstvennye aspekty issledovaniy rekreatsionnykh lesov* [The forestial aspects of recreational forests investigations]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2010, no 15 (75), pp. 4-7.
7. Rysin L.P., Rysin S.L., *Rekomendatsii po otsenke posledstviy rekreatsionnogo lesopol'zovaniya v lesoparkakh Moskvy* [The recommendations in estimation recreational use of Moscow. The analytical report on monitoring dates]. Moscow, Prima Press, p.213-226.
8. Rysin G.B., Rysin L.P., *Vliyaniye rekreatsionnogo lesopol'zovaniya na rastitel'nost' lesa* [The influence of recreational use of forest on the forest vegetation. The natural aspects of recreational use of forests]. Moscow: Science, 1987, pp. 26-35.
9. Rysin S.L. *Otsenka rekreatsionnogo potentsiala iskusstvennykh nasazhdeniy v prigorodnykh lesakh* [The estimation of recreational potention of man – made forest in suburban forests]. The methodical instructions. Moscow, MSFU, 1996, 27p.
10. Sukachev V.N. *Izbrannyye trudy. Osnovy lesnoy tipologii i biogeotsenologii* [Chosen works. The principles of forest typology and geobiocinology]. Science, 1972, 418 p.

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКОТОЛА НА ДРЕВЕСНЫЕ САЖЕНЦЫ

Е.Р. КАРТАШОВА, *ст. науч. сотр. биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. биол. наук,*

Н.В. ФИТИСКИНА, *ст. преподаватель МГУПП,*

А.В. ОЛЕСКИН, *проф. биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук*

nyfitiskina@mail.ru, aoleskin@rambler.ru

ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет

119991, Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, стр. 12

ФГБОУ ВПО Московский государственный университет пищевых производств

125080, Москва, Волоколамское ш., д. 11

*Эктол получают биотехнологическим путем в результате деструкции «бывшего живого» вещества (соломы, листового опада и т.п.), осуществляемого мико- и микрофлорой в аэробных условиях. При этом мико- и микрофлора выступает также в роли биосинтетиков, обогащающих сумму биохимических веществ экотола. Поскольку в экотол входит широкий спектр разнообразных химических и биохимических веществ, для него характерна полифункциональность. Внесенный в почву экотол способствует усилению роста древесных саженцев, их устойчивости к повышенным температурам. Экотол участвует в иммобилизации загрязнителя почвы – свинца. Экологическая функция экотола, связанная с иммобилизацией тяжелого металла, заметно возрастает при наличии корневой системы древесных саженцев, высаженных в почву. Положительное влияние экотола при избытке свинца в почве отражалось на физиологическом состоянии саженцев *Fraxinus pennsylvanica* и *Sorbus aucuparia*, L. за счет восстановления фотосинтеза и синтеза белка до уровня, отмечаемого при норме тяжелого металла, а также активации пероксидазной активности, значительно превышающей контрольный вариант (норма свинца в почве). Однако экотол не оказал положительного воздействия на фоне избытка свинца в почве на саженцы *Picea excelsa*, L. Это мы связываем с влиянием экотола на интенсивность микоризации корней, ведущей, как было нами показано, к увеличению поглотительной способности свинца корневой системой ели. Очевидно, именно за счет разницы в микоризации корней ели, для которой характерна эктомикориза, и микоризации лиственных древесных пород, с присущей им арбускулярной микоризой, наблюдается различие в поглощении свинца из почвы этими растениями под влиянием экотола. Следовательно, полифункциональность воздействия экотола охватывает всю систему: почва – растение (древесные саженцы) – симбионты растений – микориза.*

Ключевые слова: экотол, древесные саженцы, засухоустойчивость, иммобилизация свинца, поглотительная способность корней, физиологическое состояние растений, интенсивность микоризации.

Заслуженный профессор лесного института Дмитрий Никифорович Кайгородов, написавший в 1879 г. замечательную книгу «Беседы о русском лесе», отмечал: «...Мы охотно бережем и охраняем только то, что любим, а наш русский лес очень нуждается в друзьях-охранителях» [1]. Прошло более ста тридцати лет, сегодня человечество осознало экологическую опасность для современной цивилизации, когда научно-технический прогресс стал угрожать многообразию и развитию биоса Земли и, что уже ощутимо, здоровью людей.

Экологическая обстановка в России такова, что появились территории, представляющие собой зоны экологического бедствия, а более чем в ста городах уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризуется как высокий или очень высокий. В такой ситуации зеленые насаждения городов особо нуждаются в «друзьях-охранителях», встает также проблема приживаемости молодых посадок в новых реалиях города.

Работая в области экологической проблематики, связанной с решением практической задачи – улучшить состояние зеленых насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий начиная с момента высаживания древесных пород, мы заинтересовались типом веществ, в настоящее время получившим название *exliving matter*, ELM («бывшего живым») [2, 4], к которым относится экотол. Для этих веществ характерно химико-биотическое взаимодействие, позволяющее говорить о биотическом формировании химизма биосферы и кондиционировании окружающей среды, что позволяет внести в концептуальный аппарат экологии формулировку: «биогенная миграция и иммобилизация химических элементов» [2]. Иммобилизация (лат. *immobilis* – неподвижный) – создание неподвижности тяжелых металлов наблюдалось в водной среде под действием экотола [3]. Термин «экотол» – от слов «экология» и «толерантность» для класса природных соединений, повышающих устойчивость организмов

к неблагоприятным условиям среды обитания, впервые ввел физиолог растений Г.В. Лебедев. Он же впервые предложил методы получения экотоло, основанные на аэробной переработке микроорганизмами и грибами растительного сырья: соломы, листьев и т.п. [3]. Разложение биологического сырья в хорошо аэрируемой водной среде, благодаря нестерильным условиям быстро заселяющейся мико- и микрофлорой, приводит к накоплению в ней как неорганических, так и органических соединений, включающих лигнины, бензолы, фураны, хиноны, индолы и их производные [3], а также целый ряд других соединений, в том числе биогенных аминов, их предшественников и продуктов окислительного дезаминирования [4]. Наличие в экотолу биогенных аминов и их предшественников свидетельствует о том, что при образовании экотоло наблюдается конверсия (лат. *conversion* – превращение). Наряду с распадом органических веществ мико- и микрофлора осуществляет также процессы биосинтеза. В последние годы биогенные амины, включая серотонин, катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин) и гистамин интенсивно исследуются как важные полифункциональные регуляторные и сигнальные вещества. У животных биогенные амины функционируют в качестве гормонов или/и нейромедиаторов; у растений и грибов – как важные регуляторные вещества, в том числе обуславливающие ростовые процессы.

В данной работе нас, прежде всего, интересовало, окажет ли экотол положительное влияние на рост древесных саженцев.

Для опыта были взяты двухлетние саженцы *Acer platanoides*, L. (клена остролистного). В 2008 г. саженцы высадили на территории опытной станции МГУ Чашниково в супесчаную почву, в которой содержание тяжелых металлов было ниже ПДК. Половина растений дважды в начале и середине летних сезонов 2008 и 2009 гг. поливались экотолом вокруг стебля (опыт), другая – водой (контроль) в количестве 5 мл (1 мл экотоло содержит 2,4 мг сухого вещества). В 2010 и 2011 гг. растения экотолом не обрабатывались. В 2009 г. растения, обработанные экотолом, по ростовым параметрам практически не отличались от контрольных.

В сентябре 2010 г., после засушливого лета и нехарактерной тогда для Москвы и области жары 30 °С, саженцы, ранее обработанные экотолом, стали в среднем на $30 \pm 6,5$ см выше и имели в 1,3 раза большее число листьев, чем контрольный вариант. Преимущество в росте: высота, средний диаметр стволов и облиственность кленов, обработанных экотолом, сохранилось к концу эксперимента – май 2012 г. Средняя высота контрольной группы кленов составляла $107 \pm 15,7$ см, а кленов, обработанных экотолом, $147 \pm 12,3$ см, при этом средний диаметр стволов равнялся $3,6 \pm 0,5$ см, а кленов, обработанных экотолом – $4,9 \pm 0,7$ см. Число листьев также было большим на деревьях, обработанных экотолом. Это подтверждало, что в составе экотоло имеются соединения, выполняющие роль эффекторов, воздействующих на ростовые процессы. При этом наглядный стимулирующий ростовой эффект проявился спустя год после повторной обработки растений, при неблагоприятных условиях среды, связанных с засухой. Стимулирующий ростовой эффект мог затронуть различные физиолого-биохимические системы, в частности, связанные с гормональными веществами. Это могли быть цитокинины, образующиеся в корнях и влияющие на ростовые процессы всего растения, или, что в данном случае нам кажется более вероятным, наличие связи с ИУК (индолилуксусной кислотой), синтезу которой в растениях, вероятно, способствует экотол, имеющий в составе индолы, 5-гидрокситриптамин (5-ГТ), 5-гидроксииндолилуксусную кислоту (5-ГИУК). Известно, что ИУК взаимодействует с мембранными структурами клеток, вследствие чего изменяется состояние ионных групп в структурах белков, ответственных, в свою очередь, за состояние клеточной воды, кроме того, клетки, обогащенные ИУК, становятся центрами притяжения воды и питательных веществ. Не анализируя ростовые процессы на молекулярном уровне, мы только констатируем факт положительного воздействия экотоло на рост саженцев клена, наглядно проявившийся в условиях засухи.

Далее для нас было важно выяснить, будет ли экотол влиять на самоочищающую спо-

способность почвы, т.е. на ее природную барьерную функцию. О самоочищающей способности абиотической части почвы дают представление данные о подвижности тяжелых металлов [5].

Для анализа нами были взяты почвы близ дорожно-транспортного комплекса МКАД (5 м); с территории агробиостанции МГУ Чашниково и покупная почва на основе торфа. В этих почвах максимальное содержание подвижной формы свинца составляло 4,6 мг/кг (МКАД), а минимальное 1,0 мг/кг (почва на основе торфа). Чтобы результаты эксперимента по выявлению действия экотолла на подвижность свинца выглядели наглядней, к почве МКАД было добавлено 3 дозы ПДК свинца (ПДК_{Pb} = 32 мг/кг в соответствии с МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест»), а к почве из Чашниково и почве на основе торфа – по 10 доз ПДК свинца. Опыты показали, что снижение подвижных форм свинца в почве под действием экотолла невелико и в среднем составляет 12,6 % ± 5,3 %. При большем количестве общих загрязняющих веществ – почва МКАД – оно несколько ниже – 8,3 %. Снижение подвижных форм свинца под действием экотолла в почве Чашникова составляло – 14 % и 15,42 % в почве на основе торфа. Если учесть, что внесенные дозы свинца в модельном эксперименте составляли количество, равное трем и десяти предельно допустимым концентрациям, то иммобилизация свинца в среднем на 12,6 % является не такой уж малой величиной, т.е. экотолл наглядно привносит в почву химико-биотическое взаимодействие.

Однако наиболее важным для нас было выяснить содержание валовых и подвижных форм свинца в почве после роста на ней древесных саженцев различной устойчивости к антропогенным воздействиям в условиях вегетационных опытов.

Объектами исследования в этих опытах являлись трехлетние саженцы *Fraxinus pensylvanica* (ясень пенсильванский) как наиболее устойчивые к антропогенным воздействиям, *Sorbus aucuparia*, L. (рябина обыкновенная) и *Picea excelsa*, L. (ель обыкновенная). Ель обыкновенная в оптимальных условиях является породой быстрорастущей, для нее

характерна значительная пластичность. Ель быстро изменяет свойства под воздействием среды, ее рост и физиологическое состояние зависят от качества почвы, влажности и загрязненности тяжелыми металлами.

Вегетационные опыты включали следующие варианты:

1. Pb норма (в пределах ПДК).
2. Pb норма + экотолл.
3. Избыточные дозы Pb.
4. Избыточные дозы Pb + экотолл.

Анализ форм свинца в почве, на которой в течение вегетационного периода росли древесные саженцы, выявил четкое различие в действии экотолла на поглотительную способность тяжелого металла между устойчивым к антропогенным воздействиям ясенем пенсильванским и восприимчивой к загрязняющим веществам елью обыкновенной. Валовое содержание свинца после роста ясеня пенсильванского в почве на фоне избытка данного металла и экотолла практически оставалось на том же уровне, как в варианте без экотолла. При этом содержание подвижной формы металла уменьшалась в большей степени, чем это мы наблюдали под действием экотолла на почве без растений (табл.1). Это не могло быть связано с поглощением свинца корневой системой ясеня, так как, еще раз подчеркнем, уменьшение валовой формы металла в почве было незначительным. Аналогичный эффект отмечался и при росте в тех же условиях саженцев рябины. Экотолл и в данном случае уменьшал количество подвижной формы свинца на фоне его избытка, т.е. переводил его в менее доступное для растений состояние. Валовое содержание свинца в сосудах, где росли саженцы рябины, до их высадки и после роста в течение вегетационного периода, не претерпевало изменений.

Для оценки физиологического состояния данных саженцев мы выбрали следующие параметры: флуоресценцию хлорофилла, измеряемую с помощью импульсно-модулированного флуорометра. Данный экспрессивный биофизический метод, основанный на измерении кинетических характеристик флуоресценции хлорофилла в коре древесных побегов, был разработан на кафедре

**Флуоресценция хлорофилла, активность пероксидазы и количество белка
в листьях ясеня при различном содержании свинца в почве**
**Chlorophyll fluorescence, peroxidase activity and the amount of protein in the leaves
of ash with different contents of lead in soil**

Варианты	Содержание свинца в почве				Флуоресценция хлорофилла в коре побегов		Активность пероксидазы в листьях		Количество белка в листьях	
	Валовое		Подвижные формы		F_v / F_m	%	усл. ед/г сырой биомассы	%	мг белка на г сырой биомассы	%
	мг/кг	%	мг/кг	%						
Pb _н контроль	30,5±0,10	100	3,05±0,20	100	0,733±0,036	100	12,0±0,05	100	18,9±0,2	100
Pb _н + экотол	29,7±0,19	97,4	2,9±0,14	95,1	0,749±0,032	102,8	8,4±0,01	70	21,8±0,1	115
Pb _{изб}	342,2±0,31	100	76,53±0,24	100	0,630±0,040	85,9	2,2±0,10	18	16,1±0,2	85
Pb _{изб} + экотол	328,8±0,25	96,1	43,73±0,30	57,1	0,756±0,031	103,1	16,9±0,10	141	18,4±0,2	97

биофизики биологического факультета МГУ. Метод хорошо отражает состояние фотосинтетического аппарата растений [6]. Он был рекомендован для мониторинга городских зеленых насаждений и санитарно-защитных зон городов.

Кроме того, мы определяли в листьях саженцев содержание белка и активность пероксидазы. Пероксидазный фермент используется как биоиндикатор физиологического состояния растений при загрязнении среды обитания. Результаты экспериментов приведены в табл.1.

Из данных таблицы видно, что избыточные дозы свинца несколько уменьшали фотосинтетическую активность растений. Внесенный на этом избыточном фоне экотол не только полностью снимал ингибирующее воздействие металла, но и увеличивал фотосинтетическую активность по сравнению с контролем. Избыток свинца в почве отражался резким снижением пероксидазной активности в листьях ясеня, практически на 80 %. При этом экотол не только снимал ингибирующий эффект свинца на пероксидазную активность, но и активировал фермент по отношению к контролю, что не наблюдалось при внесении экотола на фоне нормы свинца. Данные по общему содержанию белка в листьях ясеня выявили его снижение, вызванное избыточными дозами тяжелого металла в почве. Экотол на фоне избыточной дозы свинца нивелировал отрицательный эффект тяжелого металла. Некоторое повышение содержания белка – 15 % под воздействием

экотола – отмечено на фоне концентраций свинца в пределах ПДК. Данное увеличение содержания белка под действием экотола мы объясняем тем, что экотол содержит вещества, способствующие синтезу белка и ростовым процессам [3]. Учитывая многообразный спектр веществ, содержащийся в экотоле, его положительное влияние на физиологические показатели саженцев ясеня может быть связано не только с воздействием экотола на тяжелые металлы почвы.

Совсем иную картину представляло воздействие экотола на поглотительную способность тяжелого металла саженцами ели на фоне избытка свинца в почве. Добавление экотола в почву с избытком свинца явно способствовало поглощению тяжелого металла растениями, т.к. в почве уменьшалось его валовое количество, равно как и подвижной формы (табл. 2).

Известно, что подкисление почвы увеличивает подвижность и доступность для растений тяжелых металлов, но это не может быть отнесено к экотолу, для которого характерна нейтральная концентрация водородных ионов. рН почвы, измеренное нами в варианте с избытком свинца, равнялось 7,11 единиц, а в варианте избыток свинца плюс экотол – 7,12. То, что экотол в данном случае способствовал поглощению тяжелого металла, подтвердили опыты по определению содержания свинца в самих саженцах ели. Так, в хвое ели содержание свинца при его избытке в почве составляло 0,67 мг/кг, а при наличии экотола – 1,1 мг/кг,

Содержание свинца в почве и саженцах ели при наличии и отсутствии экотола
The lead content in the soil and plants spruce in the presence and absence of ekotol

Варианты	Содержание свинца в почве				Содержание свинца в ели			
	Валовое		Подвижные формы		В корнях		В хвое	
	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
Pb _{норма}	65,2±0,35	100	27,9±0,15	100	–	–	–	–
Pb _{норма} + экотол	64,5±0,24	98,9	25,7±0,20	92,1	–	–	–	–
Pb _{изб}	597,7±0,41	100	334,6±0,30	100	242,0±0,02	100	0,67±0,01	100
Pb _{изб} + экотол	356,7±0,32	59,7	184±0,33	55	527,8±0,06	218	1,10±0,05	164,2

т.е. на 64,2 % больше. Еще более внушительной оказалась разница в содержании свинца в корнях ели. На фоне избытка свинца плюс экотол содержание тяжелого металла в корнях ели было на 118 % больше, чем в варианте без экотола. Если брались не все корни, а микоризированные корневые окончания, то разница выглядела еще более внушительно.

Одно из возможных предположений, объясняющих усиленное поглощение тяжелых металлов саженцами ели обыкновенной, может быть связано с особенностями микоризации корней. То, что микориза корневой системы растений оказывает влияние на поглощение тяжелых металлов, показано.

Например, установлено влияние арбускулярных микориз на увеличение накопления в корневой системе Cu, Ni, Pb и Zn. При этом увеличение общего поглощения тяжелых металлов отдельными видами растений можно рассматривать как потенциально выгодное явление при возобновлении растительности. Поглощение арбускулярно микоризными грибами тяжелых металлов часто приводит к повышению концентрации элементов в корнях, но при этом отмечается ограничение транспорта в побеги. Объяснение этому видят в том, что тяжелые металлы связываются на поверхности гиф, а также возможностью изолирования металлов в гифах без дальнейшей передачи растениям [7]. В наших опытах в варианте с избытком свинца в почве и варианте с избытком свинца плюс экотол переход свинца в наземные органы саженцев (хвоя) имел место. В случае варианта с избытком свинца в корнях была отмечена задержка тяжелого металла в 344 раза, а в варианте избыток свинца плюс экотол – в 461 раз, т.е. на 34 % больше, чем без экотола.

Для более ясной картины мы решили проанализировать систему корни–микориза в условиях различной концентрации свинца и экотола путем анализа плотности корневых окончаний на определенном отрезке корней саженцев ели и плотности микориз, находящихся с корневыми окончаниями в симбиозе. В этой серии опытов для анализа плотности корневых окончаний и микориз, а также интенсивности микоризации, отбиралось по 50 см проводящих корней последнего и предпоследнего порядка с каждого варианта, согласно методике [8, 9], и подсчитывалось количество определяемых структур, приходящееся на данную длину корня. Далее полученные результаты относились к 10 см длины корня. Полученные значения представляют собой плотность корневых окончаний и микориз. Интенсивность микоризации рассчитывали как отношение числа микоризных окончаний к общему числу зарегистрированных корневых окончаний. Зафиксированный материал окрашивали анилиновым синим [8, 10], что давало возможность идентификации и визуального наблюдения микориз под микроскопом и последующего их пересчета на 10 см корней (табл. 3).

Проведенная работа выявила следующие моменты: избыток свинца практически не влиял на плотность корневых окончаний, плотность микориз и интенсивность микоризации.

Экотол на фоне нормы свинца одинаково увеличивал как плотность корневых окончаний, так и плотность микориз. В результате чего интенсивность микоризации сохранялась на том же уровне.

Экотол на фоне избыточных доз свинца, мало влияя на плотность корневых окон-

Корневые окончания и микориза саженцев ели на фоне различных концентраций свинца и экотол в почве

Root end and mycorrhizae of the spruce plants with various concentrations of lead and ekotol in soil

Варианты	Плотность корневых окончаний		Плотность микориз		Интенсивность микоризации, %
	на 10 см корней, шт.	%	на 10 см корней, шт.	%	
Pb _{норма}	78,8±3,25	100	13,2±1,42	100	16,8
Pb _{норма} + ЭКОТОЛ	131,6±2,21	167	21,6±1,90	164	16,4
Pb _{изб}	80,4±1,90	102	14±2,13	106	17,4
Pb _{изб} + ЭКОТОЛ	87,2±4,22	111	29,2±3,15	221	33,5

чаяний, значительно увеличивал плотность микориз ~ на 121 % и соответственно интенсивность микоризации увеличивалась в 1,9 раза по сравнению с вариантом, где на фоне избытка свинца экотол не было.

Можно предположить, что именно биогенные амины, содержащиеся в экотол и воздействующие на рост, способствуют увеличению плотности корневых окончаний и плотности микориз в условиях нормы свинца в почве. При избытке же свинца в почве при наличии экотол плотность корневых окончаний значительно снижается на 56 % по сравнению с вариантом Pb_{норма} + экотол, а плотность микориз возрастает на 57 % (по сравнению с тем же вариантом). Возрастание интенсивности микоризации корней под действием экотол на фоне избытка свинца и приводит, по всей видимости, к увеличению поглотительной способности свинца корнями ели, а точнее системой корень–микориза. Отмечено, что для ели обыкновенной характерна эктомикориза [8, 9], особенно для молодых растений, а для лиственных древесных пород, представителями которых в наших исследованиях были ясень пенсильванский и рябина обыкновенная, больше характерна арбускулярная микориза [7. С. 18]. Очевидно, разность в микоризации корней ели и лиственных древесных пород отражается на поглотительной способности свинца.

Так или иначе, при выборе древесных растений для санитарно-защитных зон и для озеленения городов ель обыкновенная не лучший вариант, но она практически и не используется при озеленении. Что касается экотол, то он участвует в иммобилизации свинца – распространенного загрязнителя среды,

очевидно, и других тяжелых металлов [3]. Это дает основание поддержать предлагаемую экологом С.А. Остроумовым формулировку для веществ «exliving matter» (ранее входящих в состав живого), связанную с участием их в «биогенной миграции и иммобилизации химических элементов» [2]. Проведенные нами исследования позволяют также полагать, что экотол усиливает метаболические процессы, направленные на защиту от тяжелых металлов у растений, приспособившихся к симбиозу с микоризой, поглотительная деятельность которой не направлена на тяжелые металлы. В нашем случае это представители лиственных древесных растений.

Библиографический список.

1. Кайгородов, Д. Беседы о русском лесе / Д. Кайгородов. – М.: Белый город, 2010. – 304 с.
2. Остроумов, С.А. Химико-биотические взаимодействия и новое в учении о биосфере В.И. Вернадского / С.А. Остроумов. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 91 с.
3. Лебедев, Г.В. Производство и применение / Г.В. Лебедев, Е.Д. Сабина, Н.Г. Лебедева, З.И. Бубенчикова и др. – М.: ВИМИ, 2004. – 116 с.
4. Карташова, Е.Р. Сохранение свойств экотол и способностей его воздействия на растения во временном аспекте / Е.Р. Карташова, А.В. Олескин, Т.П. Юрина, С.Д. Терешкина, Н.В. Фитискина // VI Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Материалы. – М.: Экспо-биотехнология, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – Ч. 2. – С. 37–38.
5. Ильин, В.Б., Гармаш Г.А. Поступление тяжелых металлов в растения при их повышенном содержании в почве / В.Б. Ильин, Г.А. Гармаш // Изв. СОАН СССР. Сер. биол. наук, 1980. – Вып. 2. – № 10. – С. 54–58.
6. Венедиктов, П.С. Изучение физиологического состояния древесных растений по характеристикам флуоресценции в коре однолетних побегов деревьев / П.С. Венедиктов, Н.В. Казимиренко, Т.Е. Кренделева, Г.П. Кухарская и др. // Экология. – 2000. – № 5. – С. 338–342.

7. Смит, С.Э. Микоризный симбиоз / С.Э. Смит, Д.Дж. Рид – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 776 с.
8. Селиванов, И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И.А. Селиванов. – М.: Наука, 1981. – 232 с.
9. Веселкин, Д.С. Реакция экомикориз хвойных на техногенное загрязнение: дисс. ... канд. биол. наук / Д.С. Веселкин. – Екатеринбург, 1999.
10. Mycorrhizal associations [Electronic resource]: The Web Resource. Section 10. Methods for identifying mycorrhizas / Mark Brundrett. 2008. Available at: <http://www.mycorrhizas.info/ecm.html> (accessed 15 November 2013).

MULTIFUNCTIONAL EFFECTS OF ECOTOL ON TREE SEEDLINGS

Kartashova E.R., Senior Research, Biology Faculty, Lomonosov Moscow State University, Ph.D (Biol.); **Fitiskina N.V.**, senior teacher, Moscow State University for Food Industry; **Oleskin A.V.**, Prof. Biology Faculty, Lomonosov Moscow State University, Dr.Sci. (Biol.)

nvfitiskina@mail.ru, aoleskin@rambler.ru

Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Lenin Hills, 1(12)

Moscow State University for Food Production, 125080, Moscow, Volokolamsky Road, 11

*In terms of biotechnology, ecotol can be obtained by degrading ex-living matter (ELM) (straw or leaf litter) with myco- and microflora under aerobic conditions. Myco- and microflora also perform the functions of a biosynthetic agent: it enriches ecotol in biochemical substances. The multifunctional role played by ecotol is conditioned by a wide spectrum of chemical and biochemical substances contained in it. Supplementing soil with ecotol promotes the growth of tree seedlings and enhances their resistance to high temperatures. Ecotol is involved in immobilizing lead, a soil pollutant. This ecological function of ecotol is performed more efficiently if the tree seedlings placed in the soil possess a developed root system. The positive influence of ecotol on the soil with lead present in excess manifested itself in an improved physiological state of *Fraxinus pennsylvanica* and *Sorbus aucuparia*, L. seedlings; this was due to the restoration of photosynthetic activity and protein synthesis. These activities attained the level that is characteristic of normal heavy metal contents. In addition, peroxidase activity was stimulated to achieve the level of the control system (with a normal lead concentration). However, ecotol failed to produce a positive effect on *Picea excels*, L. seedlings against the background of excessive lead in the soil. The reason for this seems to be the influence of ecotol on the intensity of root mycorrhization that results in increasing the lead-absorbing capacity of the spruce root system. Obviously, it is the different degree of mycorrhization of spruce roots (ectomycorrhiza) and deciduous trees (arbuscularmycorrhiza) that accounted for the difference in the extent of lead absorption from the soil that occurred under the influence of ecotol. Thus, the multifunctional effects of ecotol influence the whole soil – plants (tree seedlings) – plant symbionts-mycorrhiza system.*

Keywords: ecotol, tree seedlings, drought resistance, immobilization of lead, the absorption capacity of the roots, the physiological condition of the plants, the intensity of mycorrhization.

References

1. Kaygorodov D. *Besedy o russkom lese* [Conversations about Russian forest]: *Tekst napechatan po izdaniyu «Besedy o russkom lese» (1910-1911)* [The text is printed on the publication of «Conversations on Russian Forest» (1910-1911)]. Moscow, Bely gorod Publ., 2010, 304 p.
2. Ostroumov S.A. *Khimiko-bioticheskie vzaimodeystviya i novoe v uchenii o biosfere V.I. Vernadskogo* [Chemical-biotic interactions and new in the teaching of the biosphere V.I. Vernadsky]. Moscow, MAKS Press Publ., 2013, 91 p.
3. Lebedev G.V., Sabinina E.D., Lebedeva N.G., Bubenchikova Z.I., Abramenkova N.A., Zhiznevskaya G.Ya., Prokhorov S.F., Vostrov I.S., Pleshkov D.A., Leonova S.S., Demidov A.S. *Ekotoly. Proizvodstvo i primeneniye* [Ekotol. Production and use]. Moscow, FGUP VIMI, 2004, 116 p.
4. Kartashova E.R., Oleskin A.V., Yurina T.P., Tereshkina S.D., Fitiskina N.V. *Sokhraneniye svoystv ekotola i sposobnostey ego vozdeystviya na rasteniya vo vremennom aspekte* [Retention of properties and abilities Ekotol its effects on plants in terms of time]. *Materialy VI Moskovskogo mezhdunarodnogo kongressa «Biotekhnologiya: sostoyaniye i perspektivy razvitiya»* [Proc. VI Moscow Int. Congress «Biotechnology: State and Prospects for Development»]. Moscow, ZAO «Ekspo-biotekhnologiya», RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2011, ch. 2, pp. 37-38.
5. Il'in V.B., Garmash G.A. *Postupleniye tyazhelykh metallov v rasteniya pri ikh povyshennom soderzhanii v pochve* [Entrance of heavy metals in plants at their elevated levels in the soil]. *Izv. SOAN SSSR. Ser. biol. Nauk* [Math. SOAN USSR. Ser. biol. Sciences]. 1980, issue 2, no. 10, pp. 54-58.
6. Venediktov P.S., Kazimirenko N.V., Krendeleva T.E., Kukharskaya G.P. i dr. *Izuchenie fiziologicheskogo sostoyaniya drevesnykh rasteniy po kharakteristikam fluorestsentsii v kore odnoletnikh pobegov derev'ev* [The study of the physiological state of woody plants on the characteristics of the fluorescence in the bark of annual shoots of trees]. *Ekologiya* [Ecology]. 2000, no. 5, pp. 338-342.
7. Smit S.E., Rid D.Dzh. *Mikoriznyy simbioz* [Mycorrhizal symbiosis]. *Per. s tret'ego angliyskogo izdaniya E.Yu. Voroninoy* [Per. from the third English edition EJ Voronina]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012, 776 p.
8. Selivanov I.A. *Mikosimbiotrofizm kak forma konsortivnykh svyazey v rastitel'nom pokrove Sovetskogo Soyuz* [Mikosimbiotrofizm as a form consorts connection in the vegetation of the Soviet Union]. Moscow, Nauka Publ., 1981, 232 p.
9. Veselkin D.S. *Reaktsiya ektomikoriz khvoynnykh na tekhnogennoye zagryazneniye: Diss. ... kand. biol. nauk* [Reaction ektomikoriz conifers to industrial pollution: thesis. ... cand. biol. Sciences]. Ekaterinburg, 1999.
10. Mycorrhizal associations [Electronic resource]: The Web Resource. Section 10. Methods for identifying mycorrhizas / Mark Brundrett. 2008. Available at: <http://www.mycorrhizas.info/ecm.html> (accessed 15 November 2013).

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И СОСНЫ БАНКСА НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ И УДОБРЕНИЕМ «ЭКСТРАСОЛ»

А.И. СМИРНОВ, ООО «Разносервис»,

Ф.С. ОРЛОВ, ООО «Разносервис»,

С.Б. ВАСИЛЬЕВ, доц. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, канд. с.-х. наук

ap-6@yandex.ru, svasilyev@mgul.ac.ru

ООО «Разносервис», Лихов пер. д. 10, г. Москва, Россия, 127051

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

*В работе представлены материалы по изучению влияния технологии предпосевной обработки семян электромагнитным полем низкой частоты ПОСЭП и микробиологического удобрения «Экстрасол» на всхожесть семян сосны Банкса (*Pinus banksiana*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Технология ПОСЭП исследуется в экспериментах, проводимых во ВНИИЛМ совместно с ООО «Разносервис» с 2012 г. До этого времени в течение 7 лет многочисленные лабораторные и производственные опыты проводились в ведущих научно-исследовательских институтах Российской академии сельскохозяйственных наук, а также в хозяйствах различных форм собственности на территории России, Беларуси и Казахстана. Удобрение «Экстрасол» – это микробиологический препарат на основе штамма ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13, разработанный во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии для стимулирования роста и развития сельскохозяйственных культур. Имеющийся положительный опыт его использования в сельском хозяйстве пока не нашел применения в лесоводстве. Бактерии *Bacillus subtilis* способны синтезировать вещества, подавляющие развитие возбудителей болезней растений – патогенных грибов и бактерий и стимулирующие рост растений.*

В представленной работе сделаны выводы о том, что:

1. Обработка семян сосны Банкса и сосны обыкновенной низкочастотным электромагнитным полем способствовала значительному повышению их всхожести по сравнению с контролем.

2. Отмечено заметное повышение всхожести в вариантах совместной обработки семян по технологии ПОСЭП и раствором удобрения «Экстрасол».

3. Предпосевную обработку семян сосны Банкса и сосны обыкновенной для эффективного повышения их посевных качеств указанными выше способами целесообразно применять в основном для семян с низкими посевными кондициями.

Ключевые слова: частота электромагнитного поля, микробиологическое удобрение «Extrasol», обработка семян, сосна Банкса и сосна обыкновенная, всхожесть

Известно, что выращивание качественного посадочного материала, залог эффективного лесовосстановления, во многом зависит от посевных характеристик семян [1]. Семена хвойных видов относительно редки в объемах и довольно дороги, так как процесс их получения весьма трудоемок. Спрос на качественные семена достаточно большой вследствие расширения объемов лесных культур при облесении горельников и сплошных санитарных рубок.

По нашему мнению, заготовка семян хвойных видов сейчас ведется недостаточно профессионально. Важный элемент качественной заготовки семян – специальные шишкосушилки – практически исключены из цепочки производства, поэтому заготавливаемые семена, как правило, невысокого качества. Известно, что вынужденное длительное хранение семян деревьев приводит к значительному снижению их посевных качеств, происходит старение семян, в результате которого накапливаются токсические

метаболиты. Все это приводит к снижению всхожести и увеличению чувствительности к фитопатогенным микроорганизмам. Семена переходят в более низкую качественную категорию [2,3]. Сложившаяся в лесном хозяйстве ситуация с семенами вызывает необходимость искать приемы подготовки их к посеву, которые существенно повышают и всхожесть и энергию прорастания при посеве в питомниках. Для повышения этих качественных характеристик семян используют различные методы, среди которых основную роль играют стратификация (снегование), подкормки различными видами удобрений (органическими, минеральными, микроэлементами) и применение стимуляторов роста [4]. Также наблюдается тенденция развития микробных биопрепаратов на основе штаммов различных бактерий. Известно, что штаммы некоторых видов бактерий оказывают стимулирующее воздействие на рост и развитие растений, продуцируя биологически актив-



Рис. 1. Сосна Банкса вариант «1аКонтроль» на 5-й день
Fig. 1. Pinus banksiana Lamb. “1аКонтроль” option on the 5th day



Рис. 2. Сосна Банкса вариант «2аПОСЭПОпыт» на 5-й день
Fig. 2. Pinus banksiana Lamb. “2аПОСЭПОпыт” option on the 5th day



Рис. 3. Сосна Банкса вариант «ЗПОСЭП +ЭкстрасолОпыт» на 5-й день
Fig. 3. Pinus banksiana Lamb. “ЗПОСЭП +ЭкстрасолОпыт” option on the 5th day



Рис. 4. Линейные параметры сеянцев сосны обыкновенной вариант «1Контроль» на 15-й день
Fig. 4. The linear parameters of scots pine seedlings “1Контроль” option on the 15th day



Рис. 5. Линейные параметры сеянцев сосны обыкновенной вариант «ЗОпыт» на 15-й день
Fig. 5. The linear parameters scots pine seedlings “ЗОпыт” on the 15th day



Рис. 6. Сеянцы сосны обыкновенной на 25-й день вариант 1–3 слева контроль справа опыт
Fig. 6. Scotch pine seedlings on the 25th day option 1–3 control to the left to the right experience

Всхожесть семян сосны обыкновенной и сосны Банкса
Germinating ability of Scots pine and Pinus banksiana Lamb

№	Варианты опыта Сосна обыкновенная	энергия про-	всхо-	к конт-	Варианты опыта Сосна Банкса	энергия про-	всхо-	к конт-	
		растания	жесть	ролю		растания	жесть	ролю	
		%					%		
1	контроль	65	73	100	контроль	68	69	100	
2	ПОСЭП	83	97	133	ПОСЭП	76	79	113	
1a					контроль	26	45	100	
2a					ПОСЭП	69	71	140	
3	ПОСЭП+Экстрасол	86	98	134	ПОСЭП+Экстрасол	79	83	184	

ные вещества и ингибируя фитопатогенные микроорганизмы [5]. В последнее время все чаще внимание исследователей привлекают методы физического воздействия на растения, например электромагнитные поля искусственного происхождения (ЭМП). Известно, что применение электромагнитного поля для обработки семян растений повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Доказано, что обработка семян ЭМП повышает их всхожесть, положительно влияет на рост и развитие растительных объектов [6–8], а воздействие омагниченной воды на семена проявляется не только в увеличении объема сельскохозяйственной продукции, но и в улучшении качества [9]. Учитывая положительный опыт обработки семян ЭМП и применения удобрения «Экстрасол» в сельском хозяйстве, авторами статьи в лаборатории МГУЛ на кафедре Искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ был проведен эксперимент по обработке семян сосны обыкновенной и сосны Банкса низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП с помощью генератора «Рост-Актив» и раствором удобрения «Экстрасол», время замачивания 30 мин. Контролем служили необработанные семена. Схема опыта и результаты проведенных исследований представлены в табл. 1.

Семена проращивали в лабораторных условиях по ГОСТ 13056.6-97. Энергию прорастания определяли на 7-й день. На 15-й день определяли всхожесть [10]. Дополнительно на 15-й день проращивания проводили замер длины проростков. Данные таблицы свидетельствуют о заметном повышении всхожес-

ти в вариантах обработки семян ПОСЭП и раствором удобрения «Экстрасол». У сосны обыкновенной повышение всхожести достигало 30 %. У сосны Банкса семена представлены двумя вариантами, отличающимся по исходной всхожести. Если у семян с высокой всхожестью эффект обработки составляет 13 %, то у семян с низкими посевными показателями обработка повысила всхожесть на 49 % и 84 %. Взвешивание 25-дневных проростков в стаканчиках с грунтом показало заметное преимущество таковых в вариантах с обработанными семенами, особенно с использованием раствора удобрения «Экстрасол». Эффект в данной комбинации достигал двойного превышения против контроля.

По результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что обработка семян сосны обыкновенной и сосны Банкса, низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП и раствором удобрения «Экстрасол» положительно влияет на их всхожесть и энергию прорастания.

Библиографический список

1. Родин, А.Р. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала / А.Р. Родин // Агропромиздат, 1989. – 78 с.
2. Орехова, Т.П. Создание долговременного банка семян древесных видов – реальный способ сохранения их генофонда / Т.П. Орехова // Хвойные бореальной зоны, XXVII, № 1–2, 2010. – С. 25–31.
3. Смирнов, С.Д. Опыт лесного семеноводства и селекции. Обзорная информация ЦБНТИ Госкомлеса / С.Д. Смирнов. – М., 1974. – С. 20.
4. Пентелькина, Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения / Н.В. Пентелькина // Актуальные проблемы лесного комплекса / Сб. науч. тр. – Вып.31. – Брянск: БГИТА, 2012. – С. 189–193.

5. Масленникова, С.Н. Эндوفитные бактерии хвойных растений: последние исследования и перспективы применения / С.Н. Масленникова, А.И. Шургин, В.К. Чеботарь, А.В. Щербakov и др. // Вестник Казанского технологического университета. – Вып. № 23, 2013. – С. 139–142.
6. Ксенз, Н.В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена / Н.В. Ксенз, С.В. Качеишвили // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 5. – С. 10–12.
7. Голдаев, В.К. Электрическое поле и урожай / В.К. Голдаев // Сельское хозяйство. – 1980. – № 4. – С. 30–31.
8. Комиссаров, Г.Г. Влияние флуктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений / Г.Г. Комиссаров // Докл. АН. – 2006. – Т. 406. – № 1. – С. 108–110.
9. Бекбулатов З.Т. Использование омагниченной воды для полива арбузов / З.Т. Бекбулатов, Н.П. Порфирьев // Информ. листок. Астраханский ЦНТИ. – № 191. – С. 86.
10. ГОСТ 13056.6–97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 27 с.

PRESOWING TREATMENT OF SEEDS OF BANKS PINE (PINUS BANKSIANA) AND SCOTCH PINE (PINUS SYLVÉSTRIS) WITH LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD AND «EXTRASOL» FERTILIZER

Smirnov A.I., «Rateservice»; **Orlov F.S.**, «Rateservice»; **Vasilev S.B.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D (Agricultural)

ap-6@yandex.ru, svasilyev@MSFU.ac.ru

«Rateservice», Likhov lane D. 10, Moscow, Russia, 127051

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

The materials are presented for the study of the impact of the technology of pre-sowing seed treatment with electromagnetic field of low frequency – POSEP and microbiological fertilizer «Extrasol» on the germination of Banks pine (Pinus banksiana) seeds and the scotch pine (Pinus sylvéstris). The POSEP technology has been investigated in the experiments conducted in VNIILM together with LLC «Raznoservice» from 2012. Numerous laboratory and industrial experiments have been conducted for 7 years at the leading research institutes of the Russian Academy of Agricultural Sciences, as well as in the working groups of different forms of ownership on the territory of Russia, Belarus and Kazakhstan. The fertilizer «Extrasol» is a microbiological product on the basis of strain rhizosphere bacteria Bacillus subtilis H-13, developed at the research Institute of agricultural Microbiology to stimulate the growth and development of crops. The positive experience of its use in agriculture has not yet found application in forestry. The bacterium Bacillus subtilis is able to synthesize substances that suppress the development of plant pathogens (pathogenic fungi and bacteria) and stimulate the growth of the plants.

In the present study it has been concluded that:

1. Processing of Banks pine and scotch pine seeds by a low frequency electromagnetic field has greatly increased their germination compared to the control one;
2. There has been a marked increase in the germination in variants of joint seed treatment technology of POSEP and «Extrasol» fertilizer solution;
3. The preplant Banks pine and scotch pine seed processing to effectively increase their sowing qualities, by the methods shown above, is advisable to be used mainly for seeds with low sowing conditions.

Keywords: frequency electromagnetic field, microbiological fertilizer «Extrasol», seed treatment, pine Banks and scotch pine, germination.

References

1. Rodin A.R. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala* [Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala]. Moscow: Agropromizdat, 1989. p. 78.
2. Orekhova T.P. *Sozдание dolgovremennogo banka semyan drevesnykh vidov - real'nyy sposob sokhraneniya ikh genofonda* [Creating long-term seed bank of tree species - the real way to preserve their gene pool]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Coniferous boreal], XXVII, № 1-2, 2010. pp. 25-31.
3. Smirnov S.D. *Opyt lesnogo semenovodstva i selektsii* [Experience forest seed and breeding]. O Overview TSBNTI Goskomles. Moscow, 1974. pp. 20.
4. Pentelkina N.V. *Problemi viraschivaniya posadochnogo materiala v lesnih pitomnikah i puti ih resheniya* [Problems growing planting material in forest nurseries and their solutions]. Actual problems of forestry complex. V. 31. Bryansk, BGITA. 2012. pp.189-193.
5. Maslennikova S.N., Shurgin A.I., Chebotar V.K., Scherbakov A.V., Kanarskii A.V. *Endofitnye bakterii khvoynykh rasteniy: poslednie issledovaniya i perspektivy primeneniya* [Endophytic bacteria coniferous plants: recent research and future application] Bulletin of Kazan Technological University. V. 23. 2013. pp. 139-142.
6. Ksenz N.V., Kacheishvili S.V. *Analiz elektricheskikh i magnitnykh vozdeystviy na semena* [Analysis of electric and magnetic effects on seeds] Mechanization and Electrification of Agriculture. 2000. № 5. pp. 10-12.
7. Goldaev V.K. *Elektricheskoe pole i urozhay* [Electric field and harvest]. Agriculture economy, № 4, 1980, pp. 30-31.
8. Komissarov G.G. *Vliyanie fluktuiruyushchego elektromagnitnogo polya na rannie stadii razvitiya rasteniy* [Influence fluktuiruyushchem electromagnetic field at an early stage of plant development] Dokl. AN. 2006. T. 406. № 1. pp.108-110.
9. Bekbulatov Z.T., Porfir'ev N.P. *Ispol'zovanie omagnichennoy vody dlya poliva arbuзов* [Use manicina water for watering watermelons] Inform. leaf. Astrakhan CSTI. № 191. p. 86
10. GOST 13056.6–97 *Semena derev'ev i kustarnikov. Metod opredeleniya vskhozhesti*. [Seeds of trees and shrubs. Method for determination of germination]. IEC Publ Standards. 1998. 27 s.

ПРИЕМЫ ИНТЕНСИВНОЙ АГРОТЕХНИКИ ПРИ ПОСЕВЕ СЕМЯН ХВОЙНЫХ ВИДОВ

А.И. СМИРНОВ, ООО «Разносервис»,

Ф.С. ОРЛОВ, ООО «Разносервис»,

И.И. ДРОЗДОВ, проф. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, д-р с.-х. наук

ap-6@yandex.ru

ООО «Разносервис», Лихов пер. д. 10, г. Москва, Россия, 127051

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

*Рассмотрены результаты изучения влияния предпосевной обработки семян низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП и микробиологического удобрения «Экстрасол» на всхожесть семян ели европейской и сосны обыкновенной. С 2012 года в лабораториях ВНИИЛМ и МГУЛ, а также в нескольких лесных питомниках проводятся эксперименты по применению технологии ПОСЭП для обработки семян хвойных видов. В некоторых из поставленных опытов применялось удобрение «Экстрасол». Сотрудниками ООО «Разносервис» в течение 7 лет проводились многочисленные лабораторные и производственные опыты по изучению эффективности разработанной ими технологии ПОСЭП в ведущих научно-исследовательских институтах Российской академии сельскохозяйственных наук, а также в сельских хозяйствах различных форм собственности на территории России, Беларуси и Казахстана. Удобрение «Экстрасол» – это микробиологический препарат на основе штамма ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13, разработанный во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Данные бактерии способны синтезировать вещества, подавляющие развитие возбудителей болезней растений – патогенных грибов и бактерий и стимулирующие рост растений.*

В представленной работе сделаны выводы о том, что:

Обработка семян ели европейской и сосны обыкновенной низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП способствовала значительному повышению их посевных качеств. Отмечен переход семян из III во II класс качества.

Отмечено заметное повышение массы 25-дневных сеянцев после совместной обработки семян по технологии ПОСЭП и раствором удобрения «Экстрасол».

Предпосевную обработку семян ели Европейской и сосны обыкновенной для повышения их посевных качеств указанными выше способами целесообразно применять в основном для семян с низкими посевными кондициями.

Ключевые слова: низкочастотное электромагнитное поле, микробиологическое удобрение Экстрасол, семена, сосна обыкновенная, ель европейская, лабораторная всхожесть.

Известно, что конечной целью посевных и уходных работ в питомниках является выращивание стандартного посевного материала для посадки леса [1]. При выращивании сеянцев в лесных питомниках, особенно в промышленных масштабах, большое значение имеет предпосевная обработка семян, точнее, методы обработки [2]. В последнее время все больше внимание специалистов привлекают эффективные, простые в применении и экологически безопасные методы. Известно, что обработка семян сельхозкультур низкочастотным электромагнитным полем повышает их посевные качества, энергию прорастания и всхожесть, подавляет активность патогенных и гнилостных микроорганизмов [3–5]. К преимуществам технологии ПОСЭП относятся: значительное улучшение посевных качеств обработанных семян, простота применения, длительность обработки 15 мин, обработку можно проводить в любом

месте, где это удобно, при этом объем обрабатываемого семенного материала не имеет значения. Экологическая безопасность технологии ПОСЭП подтверждена соответствующими сертификатами.

К преимуществам микробиологических препаратов, в отличие от химических, можно отнести безопасность использования, снижение химической нагрузки на агрофон и ландшафт прилегающих территорий, восстановление нормальной структуры микробиоценоза почв. Известно, что применение биопрепаратов в сельском хозяйстве подавляет возбудителей болезней, при этом, так же как и в технологии ПОСЭП, «включая» собственные иммунные механизмы растения, увеличивает устойчивость обработанных растений к неблагоприятным климатическим условиям, обеспечивает фиксацию атмосферного азота и мобилизует запасы элементов питания из почвы [6].

Опыт 1. Результаты проращивания семян сосны обыкновенной и ели Европейской в сухом состоянии, замоченных в воде и в 10 %-м растворе удобрения «Экстрасол»
Experiment 1. The results of the germination of dry seeds of Scotch pine and Picea abies, soaked in water and a 10% solution of the «Ekstrasol» fertilizer

Варианты опыта, сосна обыкновенная	энергия прорас- тания	всхо- жесть	к конт- ролю	Варианты опыта ель европейская	энергия прорас- тания	всхо- жесть	к конт- ролю
Контроль-1 (сухие)	59	71	100	Контроль – 1(сухие)	64	75	100
Контроль-2 замоченные в воде	63	74	100	Контроль-2 замоченные в воде	69	79	100
Опыт сухие + ПОСЭП	84	95	130	Опыт, сухие + ПОСЭП	75	90	120
Опыт, замоченные в воде + ПОСЭП	72	96	131	Опыт, замоченные в воде + ПОСЭП	76	96	125
Опыт, замоченные в 10 % рас- творе Экстрасол	77	95	130	Опыт, замоченные в 10 % растворе Экстрасол	77	95	124

Т а б л и ц а 2

Опыт 2. Результаты проращивания семян хвойных видов, обработанных по технологии ПОСЭП, замоченных в воде и в 10 %-м растворе удобрения «Экстрасол»
Experiment 2. The results of the germination of seeds of coniferous species processed by technology “ПОСЭП”, soaked in water and a 10% solution of fertilizer «Ekstrasol»

Варианты опыта, сосна обыкновенная	энергия прорас- тания	всхожесть	к контро- лю	масса сеянца на 25 день	Варианты опыта ель европейская	энергия прорас- тания	всхожесть	к контро- лю	масса сеянца на 25 день
Контроль-2 замоченные в воде	63	74	104	0,1±0,01	Контроль-2 замоченные в воде	69	79	105	0,1±0,008
Опыт, замочен- ные в 10% растворе Экстрасол+ПОСЭП	77	95	133	0,3±0,02	Опыт, замоченные в 10% растворе Экстрасол+ПОСЭП	77	95	126	0,31±0,03

Т а б л и ц а 3

**Опыт 3. Результаты проращивания семян хвойных видов, обработанных по техноло-
гии ПОСЭП в сухом состоянии и 10 %-м водным раствором удобрения «The results of the
germination of seeds of coniferous species processed by technology“ПОСЭП” dry and 10% aqueous solution of
fertilizer «Ekstrasol»**

Варианты опыта, сосна обыкновенная	энергия прорастания	всхожесть	к контролю
	%		
Контроль-3 (сухие)	36	53	100
Опыт-3 (сухие), обработка ПОСЭП	53	83	151
Опыт-3, замоченные в 10 % растворе Экстрасол + обработка ПОСЭП	43	81	147

В марте 2014 г. в лаборатории МГУЛ на кафедре искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ был проведен эксперимент по проращиванию семян сосны обыкновенной и ели европейской, обработанных низкочастотным электромаг-

нитным полем. Были поставлены три лабораторных опыта с тремя вариантами обработки семян: в сухом состоянии, замоченными в воде и замоченными в 10 %-м растворе удобрения «Экстрасол», время замачивания 30 минут. Известно, что структура омагниченной воды



Рис. 1. Линейные параметры сеянцев ели: слева – контроль, справа – опыт
Fig. 1. Linear parameters of the spruce seedlings: left - control, right - experiment



Рис. 2. Сеянцы сосны на 25-й день: слева – контроль, справа – опыт
Fig. 2. Pine seedlings on the 25th day: left - control, right - experiment



Рис. 3. Сеянцы ели на 25-й день: слева – контроль, справа – опыт
Fig. 3. Seedlings spruce on the 25th day: left - control, right - experiment

помогает ей легче и быстрее проникать внутрь клетки и воздействовать на биохимические процессы. В то же время отмечается повышение химической активности кислорода и появление у нее бактерицидных свойств [7, 8]. Обработка семян проводилась по технологии ПОСЭП с помощью низкочастотного генератора «Рост-Актив». Для определения посевных качеств (энергии прорастания и всхожести) семена проращивали в лабораторных условиях по ГОСТ 13056.6-97 [9]. Энергию прорастания семян сосны определяли на 7-й день, ели – на 10-й день, всхожесть семян сосны и ели определяли на 15-й день. Контролем служили необработанные семена. Дополнительно на 15-й день проращивания проводили замер длины проростков. Проращивание проводили на специальной растильне (стол Якобсена) в трехкратной повторности. Схема опыта 1 и результаты представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о достаточно явном положительном влиянии обработки семян по технологии ПОСЭП сухих, замоченных в воде и обработанных в 10 %-м растворе удобрения «Экстрасол». При этом всхожесть семян повышается у семян сосны на 30 %, у ели – 28 %. Практически семена прорастали по I классу качества против III класса у необработанных семян. Это свидетельствует об эффективном физическом воздействии технологии ПОСЭП и удобрения «Экстрасол» на семена хвойных видов.

Внешний вид проростков, представленный на рис. 1, наглядно показывает преимущество опытных проростков по сравнению с контрольными.

У семян ели прибавка в показателе всхожести составила 20–25 %, что также свидетельствует о заметной эффективности обработки по технологии ПОСЭП в комплексе с удобрением «Экстрасол». В опыте 2 семена сосны и ели обрабатывали по технологии ПОСЭП после предварительного замачивания в воде и в 10%-м водном растворе удобрения «Экстрасол». Схема опыта 2 и результаты представлены в табл. 2. Результаты близки к таковым в опыте 1. Также всхожесть семян повышается у сосны на 33 %, у ели – на 26 %.

У семян ели прибавка в показателе всхожести составила 20–25%, что также свидетельствует о заметной эффективности обработки по технологии ПОСЭП в комплексе с удобрением «Экстрасол». В опыте 2 семена сосны и ели обрабатывали по технологии ПОСЭП после предварительного замачивания в воде и в 10%-м водном растворе удобрения «Экстрасол».

В опыте 3 использовались сухие семена низкого качества (класс III). Схема опыта и его результаты представлены в табл. 3.

Всхожесть семян сосны обыкновенной повысилась на уровень II класса качества, и это свидетельствует об эффективности обработки семян по технологии ПОСЭП в случае с семенами низких посевных кондиций.

Кроме определения всхожести и энергии прорастания, эксперимент был дополнен определением массы 25-дневных сеянцев из проростков, снимаемых в процессе проращивания семян в опыте 1. Проростки первого учета проращивания помещали в стаканчики с грунтом и через 25 дней взвешивали. Результаты были весьма заметны: у сосны и ели масса сеянцев повысилась соответственно в 2 и 3 раза (табл. 1, 2). Повторение эксперимента с проростками опыта 2 показало те же результаты повышения массы сеянцев. Этот показатель достаточно убедительно подтверждает эффективность воздействия обработки семян по технологии ПОСЭП в комплексе с удобрением «Экстрасол» на увеличение массы молодых растений сосны обыкновенной и ели европейской.

В целом результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о положительном воздействии на посевные качества семян, обработанных по технологии ПОСЭП в комплексе с удобрением «Экстрасол». Оба способа обработки семян, примененные в вышеописанных опытах, могут рассматриваться как эффективные способы раскрытия физиологических возможностей семян хвойных видов.

Библиографический список

1. Родин, А.Р. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала / А.Р. Родин // Агропромиздат, 1989. – 78 с.
2. Пентелькина, Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения /

- Н.В. Пентелькина // Актуальные проблемы лесного комплекса / Сб. науч. тр. – Вып.31. – Брянск: БГИТА, 2012. – С. 189–193.
3. Старухин, Р.С. Метод предпосевной обработки семян с использованием эллиптического электромагнитного поля / Р.С. Старухин, И.В. Белицин, О.И. Хомутов // Ползуновский вестник. – 2009. – № 4. – 2009. – С. 97–103.
 4. Комиссаров, Г.Г. Влияние флуктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений / Г.Г. Комиссаров // Докл. АН. – 2006. – Т. 406. – № 1. – С. 108–110.
 5. Голдаев, В.К. Электрическое поле и урожай / В.К. Голдаев // Сельское хозяйство. – 1980. – № 4. – С. 30–31.
 6. Масленникова, С.Н. Эндوفитные бактерии хвойных растений: последние исследования и перспективы применения / С.Н. Масленникова, А.И. Шургин, В.К. Чеботарь, А.В. Щербаков и др. // Вестник Казанского технологического университета. – Вып. № 23, 2013. – С. 139–142.
 7. Лабутина, Е.В. Влияние орошения омагниченной водой на рост, развитие и качество томатов / Е.В. Лабутина // Информ. листок Волгоградский ЦНТИ, № 2. – С. 84
 8. Порфирьев, Н.П. Влияние омагниченной воды на активность ферментов, биохимический состав плодов растения-хозяина и возбудителей его заболевания / Н.П. Порфирьев, Н.Е. Руденко // Проблемы орошаем. овощевод. и бахчевод. – Астрахань, 1986.
 9. ГОСТ 13056.6–97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 27 с.

METHODS OF INTENSIVE FARMING TECHNIQUES AT SOWING SEEDS CONIFERS

Smirnov A.I., «Rateservice»; Orlov F.S., «Rateservice»; Drozdov I.I., Prof. MSFU, Dr.Sci. (Agricultural)

ap-6@yandex.ru

«Rateservice», Likhov lane D. 10, Moscow, Russia, 127051

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

The results of a study on the influence of pre-sowing seed treatment with low-frequency electromagnetic field by the POSEP technology and «Extrasol» microbiological fertilizer on seeds germination of Norway spruce (Pinussylvestris) and scots pine (Piceaabies) are presented. Since 2012 the laboratories of VNIILM and at MSFU as well as several forest working groups have conducted a number of experiments on the use of the POSEP technology for the seed treatment of coniferous species. «Extrasol» fertilizer was used in some of our experiments. The employees of LLC «Raznoservis» have conducted numerous laboratory and industrial experiments for 7 years to study the effectiveness of the POSEP technology they have developed in the leading scientific research institutes of the Russian Academy of Agricultural Sciences and agricultural farms of different forms of ownership on the territory of Russia, Belarus and Kazakhstan. The fertilizer «Extrasol» is a microbiological product on the basis of strain rhizosphere bacteria Bacillus subtilis H-13, developed at the research Institute of agricultural Microbiology to stimulate the growth and development of crops. These bacteria are able to synthesize substances that suppress the development of plant pathogens (pathogenic fungi and bacteria) and stimulate the growth of the plants. In this work, certain conclusions are drawn:

1. The treatment of European Spruce (Piceaabies) and Scotch pine (Pinussylvestris) seeds by low frequency electromagnetic field technology POSEP has contributed to a significant increase in their sowing qualities. The transition of seed quality from Class III to Class II has been marked.

2. There was a marked increase in weight of 25-day-old seedlings treatment options for POSEP joint technology and the «Extrasol» fertilizer solution.

3. The pre-sowing treatment of seeds of European Spruce (Piceaabies) and scotch pine (Pinussylvestris) to enhance their sowing qualities by the above methods is advisable mainly to the seeds with low sowing conditions.

Keywords: low-frequency electromagnetic field, microbiological fertilizer «Extrasol», seeds, Scotch pine, European Spruce, laboratory germination.

References

1. Rodin A.R. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala* [Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala]. Moscow: Agropromizdat, 1989. p. 78.
2. Pentelkina N.V. *Problemi virashchivaniya posadochnogo materiala v lesnih pitomnikah i puti ih resheniya* [Problems growing planting material in forest nurseries and their solutions]. Actual problems of forestry complex. V. 31. Bryansk, BGITA. 2012. pp.189-193.
3. Staruhin R.S., Belicin I.V., Homutov O.I. *Metod predposevnoy obrabotki semyan s ispol'zovaniem ellipticheskogo elektromagnitnogo polya* [Method presowing treatment of seeds with the use of elliptical electromagnetic field] Polzunovskiy vestnik. 2009. № 4. 2009. pp. 97-103.
4. Komissarov G.G. *Vliyaniye fluktuiruyushchego elektromagnitnogo polya na rannie stadii razvitiya rasteniy* [Influence fluktuiruyushchem electromagnetic field at an early stage of plant development] Dokl. AN. 2006. T. 406. № 1. pp.108-110.
5. Goldaev V.K. *Elektricheskoe pole i urozhay* [Electric field and harvest]. Agriculture economy, № 4, 1980, pp. 30-31.
6. Maslennikova S.N., Shurgin A.I., Chebotar V.K., Scherbakov A.V., Kanarskii A.V. *Endofitnye bakterii khvoynnykh rasteniy: poslednie issledovaniya i perspektivy primeneniya* [Endophytic bacteria coniferous plants: recent research and future application] Bulletin of Kazan Technological University. V. 23. 2013. pp. 139-142.
7. Labutina E.V. *Vliyaniye orosheniya omagnichennoy vodoy na rost, razvitie i kachestvo tomatov* [The influence of irrigation minichannel water on the growth, development and quality of tomatoes] Inform. sheet Volgograd CSTI. № 2. pp. 84.
8. Porfir'ev N.P., Rudenko N.E. *Vliyaniye omagnichennoy vody na aktivnost' fermentov, biokhimicheskiy sostav plodov rasteniya – khozyaina i vzbuditeley ego zabolevaniya* [The influence of magnetic water on the activity of enzymes biochemical composition of fruits of the host plants and pathogens of the disease] Problems of irrigated vegetable and melon growers. Astrakhan: 1986.
9. GOST 13056.6–97 *Seмена derev'ev i kustarnikov. Metod opredeleniya vskhozhesti*. [Seeds of trees and shrubs. Method for determination of germination]. IEC Publ Standards. 1998. 27 p.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ В ПРАВИЛА УХОДА ЗА ЛЕСАМИ

Б.Е. ЧИЖОВ, филиал ФБУ ВНИИЛМ «Сибирская ЛОС», д-р. с.-х. наук,
В.В. ГОРШКОВА, департамент лесного комплекса Тюменской области,
А.И. НИКОЛАЕВ, асп. филиал ФБУ ВНИИЛМ «Сибирская ЛОС»

tumlos@mail.ru, ohrana-72@mail.ru

Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Сибирская лесная опытная станция», 625017, г. Тюмень, ул. Механизаторов, 5А
Департамент лесного комплекса Тюменской области, 625000, г. Тюмень, ул. Первомайская, 34/134/1

Анализируются основные недостатки действующих Правил ухода за лесами (2007): отсутствует раздел «термины и определения», нет увязки интенсивности рубок с целевым назначением насаждений, нет методики оценки качества древостоя до и после лесоводственного ухода, уход за лесами защитного насаждения не дифференцирован по группам защитных лесов с учетом их основных и дополнительных функций. В действующих правилах цели рубок четко дифференцированы только для эксплуатационных лесов (осветления, прочистки, прореживания, проходные). Однако в лесах эксплуатационного и защитного назначения цели рубок могут быть прямо противоположными. В эксплуатационных лесах на первый план выдвигается «сокращение сроков выращивания технически спелой древесины». В защитных лесах эта цель второстепенная, важнее «устойчивость и долголетие насаждений, длительность выполнения ими строго определенных защитных функций». Предлагается в Правилах ухода за лесами дать 2 раздела: Уход за лесами эксплуатационного назначения; Уход за лесами защитного назначения. Обоснованы поправки в правила ухода за лесами защитного назначения с учетом их целевого назначения и выполняемых функций, определена допустимая (максимальная) интенсивность рубок ухода и ограничена минимальная допустимая полнота (или сомкнутость) насаждений. При этом рассмотрены следующие категории защитных лесов: водоохранные и леса особо охраняемых природных территорий (ООПТ), полосы вдоль железных и автомобильных дорог, рекреационные леса, государственные защитные полосы, защитные леса в лесостепной зоне.

Ключевые слова: рубки ухода, эксплуатационные леса, защитные леса, водоохранные леса, особо охраняемые природные территории, лесные защитные полосы, ценные лесостепные леса.

Действующие Правила ухода за лесами (2007) далеки от совершенства, поэтому Рослесхозом принято решение по их доработке. В данной статье обобщены результаты исследований филиала ФБУ ВНИИЛМ «Сибирская лесная опытная станция» и опыт департамента лесного комплекса Тюменской области по применению упомянутых Правил в подтаежном и лесостепном округах Тюменской области.

Существенным недостатком действующих Правил является отсутствие раздела «термины и определения», дающего однозначное понимание широко употребляемых, но часто толкуемых по-разному лесохозяйственных терминов: ресурсная производительность, ресурсный потенциал, производительность и продуктивность, устойчивость лесных насаждений. Не указаны единицы измерения этих показателей, не дана методика оценки качества насаждений до и после лесоводственного ухода. Нет однозначной увязки целей рубок с целевым назначением формируемых насаждений. Например, улучшение породного состава в лесах сырьевого назначения требует дости-

жения абсолютного преобладания рыночно востребованных, преимущественно хвойных пород. Это достигается в ущерб естественному биоразнообразию, устойчивости древостоев к лесным пожарам и энтомо-вредителям. В защитных лесах, наоборот, целесообразнее ориентация не на монодоминантные, а на смешанные насаждения с созданием преимущества для долговечных почвоулучшающих древесных пород, эффективно регулирующих поверхностный сток и не накапливающих большие запасы пожароопасного опада.

В действующих правилах цели рубок четко дифференцированы только для эксплуатационных лесов (осветления, прочистки, прореживания, проходные). Параллельно приведен набор пожеланий, которые, вероятно, следует выполнять, проводя ухода во всех насаждениях. Однако в лесах эксплуатационного и защитного назначения цели рубок могут быть прямо противоположными. В эксплуатационных лесах на первый план выдвигается «сокращение сроков выращивания технически спелой древесины». В защитных лесах эта цель второстепенная, важнее

«устойчивость и долголетие насаждений, длительность выполнения ими строго определенных защитных функций».

С учетом сказанного, универсальной целевой установкой для всех видов рубок ухода можно принять только *«формирование насаждений, соответствующих их целевому назначению»* с учетом особенностей природных условий конкретных лесных участков. Поэтому правила ухода за лесами должны иметь минимум 2 равноценных по детализации раздела или 2 самостоятельных нормативных документа:

– Уход за лесами эксплуатационного (сырьевого) назначения с сохранением их биосферных функций.

– Уход за лесами защитного назначения.

Правила ухода за эксплуатационными (сырьевыми) лесами пока можно сохранить в редакции 2007 г. Применительно к Тюменской области предлагается включить в них следующие добавления и поправки (выделены жирным шрифтом).

1. Сплошь и рядом «рубки ухода» проводятся формально в насаждениях с недостаточным количеством главной (целевой) породы. Рубка таких насаждений по возрасту технической спелости лиственных пород вызовет преждевременную рубку главной хвойной породы. К возрасту технической спелости хвойных береза и осина поражаются гнилями, теряют технические качества. Двухприемная рубка (сначала березу, осину с оставлением на доращивание редкостойных хвойных) сопровождается ветроломом и ветровалом последних по причине недостаточного количества оставленных деревьев и редкостойности древостоя. Кроме того, в сильно изреженных древостоях интенсивно разрастается травяной покров, что делает их пожароопасными в весенний период. Поэтому в Общие положения Правил ухода за лесами целесообразно ввести § 3. В целях рационального ведения хозяйства и экономии труда и средств рубки ухода за лесами и агромелиоративные мероприятия проводятся только в «ценных древесных насаждениях» и в насаждениях, которые после проведения рубок осветления

или реконструкции могут быть переведены в категорию «ценных древесных насаждений». В § 10 первым видом лесоводственного ухода должна быть предусмотрена «Подготовка молодняков к вводу в категорию ценных лесных насаждений». Ввод молодняков в категорию ценных древесных насаждений выполняется в соответствии с Техническими указаниями... от 8 декабря 1989 г.

2. Массовая заготовка древесины выборочными рубками с приисковой вырубкой хвойных способствует образованию расстроенных древостоев с неопределенным целевым назначением. Необходим выделенный анализ лесостроительных материалов с целью оценки возможности формирования в смешанных насаждениях древостоев, пригодных для получения к возрасту спелости крупных хвойных сортиментов. Такая методика разработана Сибирской ЛОС ВНИИЛМ.

3. В погоне за максимальной прибылью арендаторы повсеместно превращают проходные рубки и даже прореживания в приисковую заготовку крупных сортиментов. Такой «метод» особенно опасен в одновозрастных сосняках, когда вырубается деревья I-II классов роста и оставляется на доращивание угнетенная часть насаждения, деревья более тонких диаметров ствола со слабо развитой кроной. Такие деревья неспособны компенсировать потерю прироста древесины от вырубки лидирующей части насаждения, ухудшается генофонд сосняков, внедряется «отрицательная селекция». Поэтому предлагается включить в Правила... следующие ограничения:

«При проведении прореживаний и проходных рубок в культурах и одновозрастных сосняках естественного происхождения не допускается снижение среднего диаметра главной лесообразующей породы и оставление на доращивание деревьев III и IV класса роста (классов Крафта)».

4. Сильное разреживание приспевающих и спелых насаждений выборочными рубками способствует деградации мохового и развитию травяного покрова, что резко увеличивает пожароопасность таких насаждений. Следует запретить выборочные руб-

Основные и дополнительные функции защитных лесов Тюменской области
Basic and additional features of protective forests of the Tyumen region

Группы защитных лесов	Основные защитные функции	Дополнительные функции
1. Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях, леса, имеющие научное или историческое значение	Защита объектов растительного или животного мира, имеющих природоохранное, научное или историческое значение	Сохранение ценных ландшафтов и биоразнообразия
2. Леса, расположенные в водоохранных зонах, и леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения	Перевод поверхностного стока во внутриточвенный, противоэрозионные, регулирование водности рек, защита вод от загрязнения	Улучшение микроклимата и гидрологического режима территорий, получение товарной древесины
3. Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации	Защита дорог от снежных заносов, обеспечение безопасности движения, защита населенных пунктов, рекреационных территорий, заповедников, ценных сельскохозяйственных угодий от шума, пыли, выхлопных газов.	Улучшение эстетической привлекательности окружающих территорий
4. Рекреационные леса; зеленые зоны, лесопарки; городские леса и леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов	Создание благоприятных санитарно-гигиенических условий, эстетической привлекательности для отдыха и оздоровления населения	Увеличение ландшафтного разнообразия территорий
5. Государственные защитные полосы	Регулирование снегонакопления на прилегающих полях, защита их от суховея и пыльных бурь	Улучшение микроклимата и гидрологического режима территорий
6. Леса, расположенные в лесостепных зонах, степях; ленточные боры	Улучшение климата, гидрологического режима территорий, обеспечение населения древесиной и продуктами побочного лесопользования	Сохранение исторически сложившихся лесных насаждений, получение товарной древесины

ки в сосняках, снижающие полноту приспевающих, спелых и перестойных насаждений ниже 0,7 без проведения лесовосстановительных работ содействием естественному возобновлению сосны минерализацией не менее 25 % почвы или посадкой подпологовых культур.

5. Начало лесоводственного ухода следует дифференцировать в соответствии с видом и способом возобновления на вырубках конкурентных лиственных пород. Особое внимание следует уделять осине. На рубках и гарях, возобновляющихся вегетативным способом порослевой осинкой, уход за хвойными культурами и смешанными молод-

няками может требоваться на 5–10-й и даже на 3–4-й год после удаления материнского древостоя. Сроки повторяемости осветлений на участках, сильно зарастающих осинкой, могут быть снижены до 3–5 лет, а прочисток – до 5–10 лет.

При проведении рубок ухода, направленных на сокращение участия в составе насаждения осины, ее деревья диаметром более 4 см должны уничтожаться инъекцией арборицидов в стволы, исключая появление корневых отпрысков.

6. Бесплезной тратой труда и средств являются рубки ухода в молодняках с недостаточной интенсивностью удаления нежела-

Рубки ухода в защитных лесах
Thinning in protected forests

Руководящие нормативные документы	Целевые насаждения	Максимальная интенсивность рубок ухода		Минимальная допустимая полнота насаждений
		в молодняках	в старших насаждениях	
<i>Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), леса, имеющие научное или историческое значение</i>				
Проект на создание ООПТ и проект освоения лесов	Насаждения, оптимальные для охраняемых видов растений и животных	70	25–35	Определяется проектом
<i>Леса, расположенные в водоохранных зонах, и леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения</i>				
Лесной регламент, проект освоения лесов	Высокополнотные насаждения с высокой устойчивостью и высокими водоохранными свойствами	60	20–30	0,7
<i>Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей и автомобильных дорог</i>				
Регламент на создание и содержание зеленых насаждений вдоль автомобильных и железных дорог	Плотные непродуваемые полосы, обеспечивающие задержание снега, пыли, выхлопных газов, защиту от шума.	60	15–20	0,7
<i>Рекреационные леса; зеленые зоны, лесопарки; городские леса и леса, расположенные в зонах округов санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов</i>				
Проекты на создание и содержание ландшафтов зеленых зон	Насаждения с высокими санитарно-оздоровительными и рекреационными качествами	Не ограничивается	20–40	Не ограничивается
<i>Государственные защитные полосы</i>				
Проекты на создание и реконструкцию государственных защитных полос	Ажурные, продуваемые полосы, обеспечивающие равномерное распределение снега на полях, снижающие скорость суховеев.	30	20–30	0,6
<i>Леса, расположенные в лесостепной зоне</i>				
Лесной регламент, проект освоения лесостепных лесов	Насаждения с высокой продуктивностью товарной древесины и высокими средозащитными функциями.	30	20–35	0,7

тельных деревьев. В этом случае главная (целевая) порода остается угнетенной, обречена на чахлый рост и даже на отмирание. Поэтому в Нормативах режима рубок ухода за лесом наряду с сомкнутостью крон и интенсивностью рубки следует ввести требование выполнения главной цели ухода – освобождения главных пород от угнетения нежелательными деревьями. Например, после рубок ухода высота оставленных «вспомогательных» и «не-

желательных» деревьев должна быть ниже высоты основного полога главной породы.

Уход за защитными лесами должен назначаться и выполняться дифференцированно по группам защитных лесов в соответствии с их основными и дополнительными функциями (табл. 1)

Основные ограничения по интенсивности рубок ухода и минимально допустимой сомкнутости молодняков и полноты взрос-

лых насаждений защитного назначения предложены нами в табл. 2.

Общероссийские правила ухода за сырьевыми лесами должны быть предельно лаконичны и содержать:

– принципы (программы) формирования эталонных насаждений механическими и химическими способами с учетом динамики фитоценотического развития главных и сопутствующих древесных пород применительно к лесорастительным зонам и экотопам, наиболее подходящим для выращивания планируемых целевых насаждений;

– четкие количественные ограничения по правилам заготовки древесины вырубкой нежелательных деревьев, пожарной и санитарной безопасности, устойчивости к ветровому воздействию.

В помощь исполнителям, не имеющим достаточного лесоводственного образования, Правила желательны снабдить краткой информацией по биологии главных лесобразующих пород, графиками хода роста в высоту семенного и вегетативного поколения, указать возрасты технической и защитной спелости, необходимо уделить должное внимание химическому методу ухода за составом лесных насаждений и требованиям к применению многооперационных машин на рубках ухода, отразить специфику формирования насаждений различных древесных пород в лесах различного целевого назначения.

Вопросы выбора и применения конкретных технологий рубок ухода и арборицидов для регулирования структуры формируемых насаждений, организации труда и техники безопасности удобнее детально изложить в региональных рекомендациях, дополняющих общероссийские Правила.

Чрезвычайно важно наладить оценку не только качества выполнения запланированных мероприятий, но и качества состояния

насаждений после лесоводственного ухода: соотношение высот, количество и % встречаемости на площадках 2×2 м, равномерно распределенных по участку для главных и конкурентных пород, определить с учетом графиков динамики роста в высоту необходимый срок повторного ухода. Приемке и последующим уходам должны подлежать только лесные участки, соответствующие категории «ценных насаждений». Лесничества и арендаторы лесных участков должны нести персональную материальную ответственность за их охрану и состояние.

Библиографический список

1. Шварц, Е. Анализ государственной программы «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы и рекомендации по ее совершенствованию / Е. Шварц, Н. Шматков, К. Кобяков // Устойчивое лесопользование. – 2015. – №1(41). – С. 2–9.
2. Шматков, Н. Проект WWF «Плантации нового поколения»: значение для России / Н. Шматков // Устойчивое лесопользование. – 2015. – №1(41). – С. 25–32.
3. Jagels, R. 2006. Management of wood properties in planted forest: a paradigm for global forest production. FAO Working Paper FP/36E.
4. Маслаков, Е.Л. Об особенностях роста и дифференциации деревьев в молодняках сосны / Е.Л. Маслаков // Восстановление и мелиорация лесов Северо-Запада РСФСР. – Л.: ЛенНИИЛХ. – 1980. –С. 53–61.
5. Мартынов, А.И. Зависимость биометрических показателей сосны от площади питания / А.И. Мартынов // Лесоведение. – 1976. – № 5.
6. Разин, Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев различной густоты (на примере ельников Пермской области) / Г.С. Разин // Методические рекомендации. – Л.: ЛенНИИЛХ. – 1977. – С. 43.
7. Рогозин, М.В. Ранняя диагностика быстроты роста сосны обыкновенной в культурах / М.В. Рогозин // Лесоведение. – 1983. – № 2. – С. 66–72.
8. Устойчивое лесопользование: ред. Н. Шматков. – Москва: WWF-ИКЕА, 2015. – №1(41). – С. 2–41.
9. Сенов, С.Н. Уход за лесом: экологические основы / С.Н. Сенов // Лесная пром-сть. – 1984. – С. 127.
10. Правила ухода за лесами: Приказ МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 185, зарегистрировано в Минюсте РФ 29 августа 2007 г., 3 10069.
11. Чижов, Б.Е. Повыдельная оценка возможности формирования древостоев для получения крупных сортиментов. / Б.Е. Чижов, А.И. Николаев // Лесохозяйственная информация. – 2012. – № 2. – С. 14–18.

SUGGESTIONS TO THE FOREST TENDING RULES

Chizhov B.E., Branch VNIILM «Siberian LOS», Dr.Sci. (Agricultural); Gorshkova V.V., Department of forest complex of the Tyumen region; Nikolaev A.I., gr. VNIILM, Branch VNIILM «Siberian LOS»

tumlos@mail.ru, ohrana-72@mail.ru

VNIILM Branch «Siberian forest experimental station», 625017, Tyumen, Mekhanizatorov St., 5A
Department of a forest complex of the Tyumen region, 62500, Tyumen, Pervomayskaya St., 34/134/1

The article analyzes the main shortcomings of the existing Forest Tending Rules (2007): there is no «terms and definitions» section, there is no coordination of the intensity of cuttings for plantings, there is no technique of forest stand quality assessment before and after forest tending, the protective planting care isn't streamlined into the groups of protective woods taking into account their main and additional functions. The existing rules differentiate accurately only the purpose of cuttings for the operational woods (thinning, clearing, accretion cutting, cutting-back). However, the purpose of cabins in the woods of operational and protective purpose can be opposite. The «reduction of terms of cultivation of technically ripe wood» is put in the forefront in the operational woods. In the protective woods this purpose is minor to the «stability and longevity of plantings, the duration of performance of certain protective functions». It is offered to add 2 sections to the Forest Tending Rules: 'Care of the woods of operational purpose; 'Care of the woods of protective purpose'. Amendments in the protective forest tending rules have been grounded taking into account their purpose and functions, the admissible (maximum) intensity of care cuttings has been defined and the minimum admissible completeness (or density) of the plantings has been calculated. The following categories of the protective woods are thus considered: the water preserving and the woods of the especially protected natural territories (EPNT), strips along railways and highways, the recreational woods, the forest protective strips, the protective woods in a forest-steppe zone.

Keywords: leaving cabins, the operational woods, the protective woods, the water preserving woods, especially protected natural territories, the forest protective strips, the valuable forest-steppe woods.

References

1. Shvarts E., Shmatkov N., Kobayakov K. *Analiz gosudarstvennoy programmy «Razvitie lesnogo khozyaystva» na 2013-2020 gody i rekomendatsii po ee sovershenstvovaniyu»* [Analysis of the state program «Development of forestry» for 2013-2020 and recommendations for its improvement] *Ustoychivoe lesopol'zovanie*, 2015, no. 1(41). pp. 2-9.
2. Shmatkov N. *Proekt WWF «Plantatsii novogo pokoleniya»: znachenie dlya Rossii* [The WWF project "new generation Plantations: the implications for Russia] *Ustoychivoe lesopol'zovanie [sustainable forest management]*, 2015, no. 1 (41), pp. 25-32.
3. Jagels, R. 2006. Management of wood properties in planted forest: a paradigm for global forest production. FAO Working Paper FP/36E.
4. Maslakov E.L. *Ob osobennostyakh rosta i differentsiatsii derev'ev v molodnyakakh sosny* [On the growth and differentiation of trees in young stands of pine] *Vosstanovlenie i melioratsiya lesov Severo-Zapada RSFSR* [The recovery and reclamation of forests of the North-West of the RSFSR] Leningrad: LenSRIF, 1980, pp. 53-61.
5. Martynov A.I. *Zavisimost' biometricheskikh pokazateley sosny ot ploshchadi pitaniya* [Dependence of biometric indicators of pine from the square power] *Lesovedenie [Forestry]*, 1976, no. 5.
6. Razin G.S. *Izuchenie i modelirovanie khoda rosta drevostoev razlichnoy gustoty (na primere el'nikov Permskoy oblasti)* [Study and modeling of growth of forest stands of different density (on the example of spruce forests of the Perm region)] Leningrad: LenSRIF, 1977, pp. 43.
7. Rogozin M.V. *Rannyyaya diagnostika bystroty rosta sosny obyknovennoy v kul'turakh* [Early diagnosis of the rapidity of the growth of Scots pine in cultures] *Lesovedenie [forestry]*, 1983, no. 2, 66-72.
8. *Ustoychivoe lesopol'zovanie [sustainable forest management]*, ed. Shmatkov, - Moscow: publishing house of the WWF-IKEA, 2015, no.1(41), pp. 2-41.
9. Senov S.N. *Ukhod za lesom: ekologicheskie osnovy* [Caring for the forest: ecological bases] *Lesnaya promyshlennost' [Forest industry]*, 1984, pp. 127.
10. *Pravila ukhoda za lesami* [Rules tending] *Prikaz MPR RF ot 16 iyulya 2007 g. № 185, zaregistrirvano v Minyuste RF 29 avgusta 2007, 3 10069* [The order of MNR of the Russian Federation of 16 July 2007, No. 185, registered in Ministry of justice of the Russian Federation on August 29, 2007, 3 10069]
11. Chizhov B.E. Nikolaev A.I. *Povydel'naya otsenka vozmozhnosti formirovaniya drevostoev dlya polucheniya krupnykh sortimentov* [Evaluation of forestland for the formation of large assortment of stands] *Lesokhozyaystvennaya informatsiya [Forestry information]* Branch of the FBU Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization VNIILM, 2012, no 2. pp. 14-18.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ УХОДА ЗА ЛЕСАМИ И ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

В.И. ЖЕЛДАК, зав. лаб. лесоводства и управления лесами ВНИИЛМ, д-р биол. наук,
В.М. СИДОРЕНКОВ, зав. отделом лесоводства, лесоустройства и лесной таксации
ВНИИЛМ, канд. с.-х. наук,
Э.В. ДОРОЩЕНКОВА, научный сотрудник ВНИИЛМ,
С.К. СТЕПАНОВА, мл. науч. сотрудник ВНИИЛМ

forestvniilm@yandex.ru

ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»
141202, Московская обл., Пушкинский р-н, Пушкино г., ул. Институтская, 15

Актуальность задачи совершенствования нормативно-правового обеспечения ухода за лесами определяется комплексом существовавших и появившихся вновь на рубеже XX–XXI вв. причин, включая обострение традиционных потребностей региональной интенсификации ресурсного лесопользования и лесовоспроизводства при существенном (приоритетном) увеличении потребностей пользования лесами в экологических, природоохранных целях и соответственно возрастающем значении нормативно-правового регламентирования ухода за лесами, представляющего, наряду с лесовосстановлением, основной блок лесоводственных мероприятий воспроизводства лесов и, в целом, содержания и использования лесов. На основе анализа установленного нормативными правовыми документами положений регламентирования ухода за лесами и сопоставления их с накопленными исторически в результате научных исследований лесоводственными разработками по данному направлению лесоводства, сформирован комплекс вопросов, которые необходимо срочно решать в целях совершенствования нормативно-правового регламентирования ухода за лесами, а также разработаны и представлены предложения по их решению для достижения конкретных целей значительного улучшения содержания и использования лесов, их состояния, повышения устойчивости, продуктивности и других полезных свойств. При этом установлено, что в рамках совершенствования нормативно-правового регламентирования ухода за лесами в Правилах ухода за лесами необходимо представить в полной системе положения, отражающие особенности ухода за лесами по видам лесов и всем категориям защитных лесов и особо защитных участков лесов с учетом и во взаимосвязи с соответствующими особенностями охраны, защиты использования и воспроизводства лесов, содержащихся также в других документах, принятых согласно требованиям Лесного кодекса. Для реализации разработанных предложений и, в целом, совершенствования системы мероприятий ухода за лесами, в т.ч. с использованием современных информационно-технических средств для их разработки и доведения до широкой эффективной практической реализации необходимо решить ряд организационных вопросов, включая правовое и реальное обеспечение проектами долгосрочных (постоянных) целевых научных исследований, воссоздание объектной базы НИР, участков экспериментальных и опытных работ, представляющих все разнообразие лесов страны.

Ключевые слова: лесоводство, нормативы, требования, уход за лесами, лесовоспроизводство, рубки ухода, агролесомелиоративные и иные мероприятия, устойчивость, продуктивность лесов.

Актуальность решения задачи совершенствования нормативно-правового обеспечения ухода за лесами

Задача улучшения ухода за лесами, основной его составляющей компоненты рубок ухода, в т.ч. путем совершенствования регламентирования состава мероприятий и нормативного режима их осуществления, является актуальной на протяжении почти всей известной истории лесоводства. Даже состав мероприятий ухода за лесами, принятый в меняющихся нормативных документах в течение уже более столетия, определяемый и Г.Ф. Морозовым как несовершенный [1], и спустя вековой период развития остается в значительной мере неопределенным и неполным, особенно после

принятия Лесного кодекса 2006 г. [2] и нормативных правовых документов, принятых в его развитие [3–5]. В частности, практически поддерживая В.Я. Добровлянского в том, что мер ухода, взятых в немецком лесоводстве, может оказаться недостаточно, в т.ч. для ухода за основной породой, в данных почвенных условиях оказавшейся, по существу, под пологом временно заселившейся быстрорастущей, Г.Ф. Морозов отмечает, что это привело фактически к названию (обозначению) рубок, проводимых Д.М. Кравчинским в Лисинской даче для освобождения ели из-под полога березы, проходными рубками [1].

Проблемы с регламентированием и применением таких рубок ухода, получивших в 80-х гг. XX в. название переформи-

рования насаждений, сохраняются и в начале XXI в. Остаются нерешенными вопросы нормативно-правового регламентирования и применения других видов рубок ухода, разработанных в предшествующие годы. Очередной раз обостряются проблемы установления оптимального режима даже классических рубок ухода, обеспечивающих определенное пользование древесиной – прореживаний и, особенно, повышения интенсивности проходных рубок. Фактически вновь возникает и обостряется вопрос, решавшийся в прошлом веке – противопоставления двух принципов ведения рубок ухода – «умеренной интенсивности, но часто» или «реже и интенсивнее» [6–9].

Еще более сложной, и, по существу, нерешенной оказалась проблема дифференцированного регламентирования и применения мероприятий ухода за лесами в лесах различного целевого назначения – эксплуатационных и защитных, особенно на стадии смены старых поколений леса, утрачивающих функциональную роль, что связано с нормативным обеспечением рубок ухода обновления насаждений в действующих Правилах ухода за лесами [3].

Несмотря на имеющийся значительный потенциал разработок лесоводства для решения перечисленных и других актуальных вопросов ухода за лесами, существенную сложность их реализации представляют нерешенные организационные правовые вопросы проведения лесоводственных исследований с осуществлением экспериментальных и опытных работ при отсутствии системы долгосрочных проектов исследований и ограниченной возможностью создания полноценной объектной базы НИР, представляющей все разнообразие лесов страны.

Законодательное и лесоводственное определение ухода за лесами

Определение ухода за лесами Лесным кодексом 2006 г. в статье 61 устанавливается как составляющая лесовоспроизводства и в статье 64, ч. 1 – по содержанию – «представляет собой осуществление мероприятий, направленных на повышение

продуктивности лесов, сохранение их полезных функций (вырубка части деревьев, кустарников, агролесомелиоративные и иные мероприятия).

Учитывая, что воспроизводство леса в лесоводстве рассматривается как процесс воссоздания леса со всеми характерными для него существенными свойствами, подобного прежнему или отличающегося от него [10], а в Лесном кодексе 2006 г. весь этот процесс на протяжении всего цикла лесовоспроизводства (ЛВП) обеспечивается практически двумя составляющими – лесовосстановлением и уходом за лесами, соответственно можно установить те части цикла ЛВП, которые обеспечиваются лесовосстановлением и уходом за лесами.

При этом исторически сложилось более или менее определенное содержание и характеристика лесовосстановления, охватывающего период продолжительностью от закладки лесных культур или естественного возобновления лесобразующих растений до образования сомкнутых молодняков, т.е. в целом сравнительно небольшую (по времени) часть цикла ЛВП, в основном до половины первого класса возраста или несколько больше, но без превышения первого класса возраста.

Следовательно, на протяжении всей оставшейся, т.е. основной по продолжительности, части цикла лесовоспроизводства в течение нескольких классов возраста осуществляются или могут и должны осуществляться мероприятия ухода за лесами.

С учетом этого в рамках положений Лесного кодекса, регламентирующих уход за лесами, на основе результатов многолетних исследований ВНИИЛМ и других институтов Рослесхоза, а также материалов литературных источников, формируется состав и нормативная база лесоводственных мероприятий ухода за лесами, необходимая для совершенствования включающих ее нормативных правовых документов – действующих Правил ухода за лесами (Правила) и положений документов – «Особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных в водоох-

ранных зонах, лесов, выполняющих функции защиты природных и иных объектов, ценных лесов, а также лесов, расположенных на особо защитных участках лесов», подготовленном в обобщенном виде в соответствии с положениями статей 104–107 Лесного кодекса [4], а также «Особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях», согласно части 6 статьи 103 [5].

В этих целях на основе анализа содержания Правил, сопоставления их с результатами исследований и разработками лесоводства, а также с учетом замечаний и предложений к Правилам, представленных органами управления лесным хозяйством субъектов Российской Федерации, лесопользователей, природоохранных и других заинтересованных организаций, определены основные вопросы, которые необходимо решать для улучшения нормативно-правового обеспечения ухода за лесами.

Оценка нормативно-правового регламентирования ухода за лесами и его эффективности

Оценка полноты существующей нормативно-правовой базы ухода за лесами по составу основных ее структурных элементов может быть дана, в первую очередь, на основе анализа структуры действующих Правил ухода за лесами, с учетом содержания других документов, регламентирующих мероприятия этого раздела лесоводства.

В действующих Правилах ухода за лесами выделено четыре раздела: Общие положения; Рубки ухода за лесом; Уход за лесами путем проведения агролесомелиоративных и иных мероприятий; Особенности ухода за лесами различного целевого назначения.

При этом выделение последнего раздела правил «Особенности ухода за лесами различного целевого назначения» непосредственно не вытекает из положений статьи 64 и необходимость его в правилах в последующем вызывало сомнение, вероятно, в основном, в связи с тем, что указан-

ные особенности ухода за лесами в той или иной мере отражаются в других нормативных документах [4, 5].

К тому же *вопрос первичности или приоритетности* того или иного документа («Правил ухода за лесами» или «Особенностей ...») не решен ни в Лесном кодексе, ни в содержании самих нормативных правовых документов.

В целях решения этого вопроса целесообразно отметить, что по содержанию, определенному Лесным кодексом, «Особенности ...» (несмотря на то, что это только особенности) охватывают значительно более широкий, чем Правила ухода за лесами, круг вопросов регламентирования мероприятий по всем составляющим разделам охраны, защиты, воспроизводства и использования лесов. В связи с этим, вероятно, даже нелогично и нереально, чтобы в «Особенностях ...» предусматривалось прописать все особые конкретные детали ухода за лесами, а также и других мероприятий, чем в комплексе правил, которые к тому же согласно лесному кодексу устанавливаются по каждому лесному району.

Тогда можно будет приемлемо решить *второй принципиальный вопрос соотношения нормативно-правового регламентирования мероприятий ухода за лесами в «Правилах» и «Особенностях».* Наиболее приемлемо и логично, что в документах «Особенности ...» [4, 5] будут содержаться положения, определяющие принципиальные особенности (специфику) воспроизводства лесов, в т.ч. ухода за лесами, которые должны найти отражение и конкретизацию в правилах. Соответственно тогда в правилах и будут сосредоточены все положения, регламентирующие лесоводственные мероприятия ухода за лесами, в т.ч. с учетом принципиальных особенностей, устанавливаемых для защитных лесов.

Третий принципиальный вопрос – содержания правил ухода за лесами с учетом территориальных – региональных и зональных особенностей лесов, в действующих правилах, да и в последующих проектах новых правил, решен также весьма специфически.

Несмотря на требование части 4 статьи 15 Лесного кодекса, «...правила ухода за лесами устанавливаются для каждого лесного района...» весь комплекс положений правил относится ко всем лесам («по умолчанию», поскольку других положений в правилах не содержится), а по лесным районам приведены только в Приложении рамочные нормативы режима рубок ухода, причем исключительно классических рубок ухода – формирования насаждений – осветлений, прочисток, прореживаний, проходных рубок.

Четвертый принципиальный вопрос – какие конкретно мероприятия ухода за лесами, регламентируют (или должны регламентировать) Правила или каков состав этих мероприятий. Он остается, по существу, нерешенным уже на протяжении многих лет после принятия Лесного кодекса 2006 г., тем более что применение отдельных мероприятий, включенных в Правила, фактически заблокировано отсутствием в Правилах нормативов режима их проведения.

Для комплексного решения обострившихся в период с 90-х гг. XX в. задач содержания (охраны, защиты, воспроизводства) и использования лесов в лесоводстве была сформирована и продолжает совершенствоваться, с учетом развития и накопления новых данных исследований, система мероприятий ухода за лесами, включающая не только классические рубки ухода от осветлений до проходных рубок – по существу, мероприятия формирования насаждений, но и мероприятия (рубки ухода) – обновления, реформирования, реконструкции лесных насаждений, а также санитарный и противопожарный уход за лесами и другие мероприятия, являющиеся неотъемлемой частью этой системы.

В то же время, в нормативных документах, подготовленных в развитие положений Лесного кодекса 2006 г., используется набор видов рубок, к тому же и не названных видами, системно не увязанных между собой и с целевым назначением лесов.

Таким образом, и в сочетании Правил ухода за лесами с «Особенностями...», где представлена специфика ряда положений,

регламентирующих отдельные мероприятия ухода за лесами или требования к их проведению и ограничения применения, не содержится в целом система положений, достаточная для регламентирования рассматриваемого важнейшего комплекса лесоводственных мероприятий как в региональном плане по лесным районам, так и с учетом разнообразия целевого назначения лесов, особенно защитных по категориям защитных лесов и особо защитных участков лесов.

Формирование и обоснование предложений по совершенствованию нормативно-правового регулирования ухода за лесами

На основе анализа и оценки содержания положений Правил ухода за лесами, а также результатов изучения состояния и динамики участков лесных насаждений с проведенными мероприятиями ухода за лесами и без них с оценкой потребности осуществления определенных видов и вариантов мероприятий для формирования, сохранения и поддержания насаждений в целевом состоянии устойчивого функционирования (выполнения экологических и иных функций) можно сформировать комплекс предложений по улучшению (совершенствованию) нормативно-правовой базы, регулирования ухода за лесами даже в рамках установившегося уже подхода и требований законодательства, в т.ч. не предусматривая внесения значительных изменений в Лесной кодекс.

При этом, вероятно, необходимо рассмотреть возможность системного решения ряда общих и частных вопросов, в т.ч. по корректировке и дополнению Правил как в части изменения общей структуры документа, так и отдельных его положений, регламентирующих проведение конкретных мероприятий, их комплексов или блоков.

Один из основных вопросов, который необходимо и возможно решить в рамках требований действующего Лесного кодекса – это создание системы региональных Правил ухода за лесами по лесным районам

(часть 4 статьи 15). Учитывая специфику принятого лесного районирования, представленного в Перечне лесорастительных зон Российской Федерации и Перечне лесных районов Российской Федерации, 2011 [11] с множеством лесных районов (свыше трех десятков) при принятии решения (о создании таких правил) возможно, не нарушая требований законодательства, формирование более простой системы документов по 12 блокам лесных районов – такая разработка может быть подготовлена в короткие сроки на основе имеющихся материалов лесоводственного районирования.

При пересмотре и уточнении действующего документа целесообразно изменить его структуру, установив более дифференцированное представление положений правил с учетом требований Лесного кодекса, по следующим разделам:

I. Общие положения.

II. Уход за лесами, связанный с рубкой части деревьев, кустарников.

Рубки ухода (мероприятия «*формирования и сохранения насаждений*»);

Обновление лесных насаждений;

Переформирование лесных насаждений;

Рекреационно-ландшафтный уход за лесами;

Реконструкция малоценных лесных насаждений;

Санитарный уход за лесами;

Противопожарный уход за лесами;

III. Агролесомелиоративные и иные мероприятия.

IV. *Проектирование и осуществление мероприятий ухода за лесами*, отвод лесных насаждений для проведения ухода, технология проведения мероприятий, контроль и оценка качества проведенных мероприятий.

V. *Мероприятия ухода за лесами по видам целевого назначения лесов, категорий защитных лесов и особо защитных участков лесов*.

Возможно также включение в Правила дополнительного раздела – *Особенности ухода за лесами в связи со спецификой ис-*

пользования лесов, в который можно включить положения, отражающие особенности регламентирования ухода за лесами в целевых хозяйствах, а также при других приоритетах или видах использования лесов.

Приложения к правилам ухода за лесами, содержащие районные нормативы рубок ухода – формирования насаждений по лесным районам.

При этом положения, отражающие специфику мероприятий, проводимых в лесах различного целевого назначения, целесообразно представлять последним разделом правил, чтобы в нем можно было отразить конкретные особенности или детали приведенных в общих разделах положений, нормативов, технологий, относящихся к лесам соответствующего вида целевого назначения, категорий защитных лесов, особо защитных участков лесов.

Положения, регламентирующие проектирование и осуществление мероприятий ухода за лесами, на лесных участках с применением определенных технологий, а также контроль за проведенными мероприятиями и оценку качества их исполнения, целесообразно привести отдельными разделами, но в то же время их можно представить в виде подразделов, соединить с положениями отвода участков лесных насаждений для проведения ухода за лесами.

Состав мероприятий ухода за лесами, приведенный в Правилах ухода за лесами, необходимо существенно дополнить, используя накопленный опыт разработки и применения лесоводственных мероприятий в стране, особенно с учетом разнообразия целевого назначения лесов, не предусматривая жесткой необоснованной связи применения методов (форм) выборочных рубок в защитных лесах [1, 6–9 и др.].

Для преодоления этого, по существу формального препятствия, достаточно признать, что для таких сложных не только по содержанию, но и целевым установкам мероприятий, предназначенных соответственно для очень сложных природных экосистем лесов, одного фактора альтернативного разделения (или сплошь или выборочно) крайне недоста-

точно и, как показывает опыт, абсолютизация его приводит, по существу, к односторонним несбалансированным решениям и, следовательно, нередко к отрицательным результатам при их реализации на практике. Пример этому – установка на почти однозначное применение в защитных лесах только выборочных рубок лесных насаждений как более экологичных [2]. В результате использования такого шаблона (а что шаблоны вообще неприменимы в лесоводстве, известно еще со времен Г.Ф. Морозова и М.М. Орлова и раньше) в насаждениях защитных лесов южных регионов страны, где нередко выборочные рубки совершенно не соответствуют природе леса, они не только не дают (и часто не могут дать) должного эффекта, но и в целом, ориентация только на них ведет к накоплению насаждений, утрачивающих устойчивость, в которых уже потом неизбежно применяются крупнолесосечные (как в эксплуатационных лесах) сплошные санитарные рубки.

Объективно необходимо восстановить в Правилах ухода за лесами важнейшее узловое лесоводственное мероприятие – обновление лесных насаждений в защитных лесах, без которого невозможно построить замкнутую систему лесоводственных мероприятий со всеми вытекающими последствиями. Анализ многих попыток методического и практического решения этого вопроса, на основе традиционных рубок ухода, выборочных санитарных рубок, а в предшествующие годы (лесовосстановительных рубок, по существу, рубок главного пользования с ограниченным нормативным режимом, предпринимавшихся на протяжении многих десятилетий, не дали и не могли дать положительного результата, поскольку фактически для смены старых поколений леса (лесных насаждений) в защитных лесах использовались мероприятия, предназначенные для иных целей и объектов, в т.ч. выборочных рубок многоцелевого назначения для заготовки древесины.

После принятия Лесного кодекса 2006 г. в защитных лесах начали применять почти исключительно выборочные рубки, причем те же виды, что и рубок главного

пользования, которые стали называть как рубки спелых и перестойных лесных насаждений, но фактически также для заготовки древесины.

В результате вместо ожидаемого большого эффекта от выборочных рубок (конечно, не имеющего реального обоснования) проявились последствия (вполне логичные, тем более при нашем менталитете), напоминающие «промышленные рубки» прошлого, что нашло даже отражение в решении Госсовета по лесному комплексу [12] и поручениях Президента уполномоченному федеральному органу исполнительной власти рассмотреть и решить вопрос об исключении таких рубок из применяемых на практике.

Решение отдельных организационных вопросов совершенствования нормативного обеспечения мероприятий ухода за лесами и качества их проведения

Научное обеспечение совершенствования нормативной (нормативно-правовой) базы ухода за лесами в современный период (90-х гг. XX в. – первые десятилетия XXI в.) осуществляется практически почти исключительно на основе анализа результатов исследований прошлых лет и литературных данных, в т.ч. зарубежных, разработок 70–80 гг. XX в., а также путем проведения исследований и сбора экспериментальных данных на опытных объектах, заложенных в прошлые исторические периоды, фрагментарно дополняемых участками производственных мероприятий, фактически случайно отобранных в огромной массе с более или менее приемлемыми характеристиками для реализации поставленных задач НИР.

Вероятно, самой ценной частью являются материалы, собранные на объектах опытных мероприятий (с известной историей), заложенных свыше 10–20 лет назад, в т.ч. филиалами ВНИИЛМ, а также другими НИИ и вузами.

Не утрачивают ценность многие разработки прошлых лет, полученные в результате основательных масштабных исследований, проведенных лабораторией лесоводства ВНИИЛМ совместно с лесными

опытными станциями, отраслевыми институтами и вузами практически на территории всей страны, особенно в период 70–80-х гг.

Определенную информацию об эффективных вариантах мероприятий ухода за лесами в отдельных регионах, а также и за рубежом можно получить из литературных источников, докладов и выступлений наших коллег, в т.ч. других стран, на конференциях и семинарах, совещаниях.

При всей ценности перечисленной информации и особенно натуральных данных, собранных на объектах прошлого опыта, они не могут заменить объективные материалы современного эксперимента, опытных мероприятий ухода за лесами, которые не проводятся уже многие годы. К тому же информация, полученная из литературных источников, даже при ее надежной достоверности об эффективности определенных мероприятий в отдельных локальных, региональных условиях и за рубежом, не может использоваться непосредственно для разработки нормативной базы мероприятий ухода за лесами в разных регионах страны, в т.ч. по лесным районам и соответственно для введения их в Правила ухода за лесами (по существу, «заимствованных разработок») без опытной проверки, апробации в других конкретных условиях.

Еще большие отрицательные потенциальные последствия, вероятно, следуют из сложившегося положения с непроведением научных экспериментальных и опытных работ для будущего развития мероприятий ухода за лесами и лесоводства в целом, когда спустя уже небольшое время окажется, что обновляющаяся объектная база отсутствует уже на протяжении не одного десятка лет.

Необходимо срочно принять решение и восстанавливать экспериментальную базу лесоводства, поддерживая еще сохранившиеся ценности объекты и закладывая новые, соответствующие целям и задачам, которые ставят органы управления лесным хозяйством на федеральном и региональном уровнях.

Научный эксперимент должен быть планируемым и управляемым, что может

быть обеспечено только при наличии постоянно поддерживаемой в приемлемом состоянии и обновляющейся объектной базы НИР при выполнении институтом (в частности отделом лесоводства), лесными опытными станциями, в т.ч. в четкой координационной системе с другими научными, а также и образовательными учреждениями, многолетних исследований по базовым проектам продолжительностью 3–5 лет и более и специальным программам.

Эффективное совершенствование лесоводственных мероприятий, в первую очередь ухода за лесами по всем направлениям развития, возможно только с использованием указанных составляющих НИР, экспериментальных и опытных работ.

Совершенствование нормативно-правовой базы и улучшение осуществления лесоводственных мероприятий, особенно таких сложных, как уход за лесами, может быть достигнуто в комплексе с решением организационных вопросов, в т.ч. обеспечения качественного выполнения их на практике квалифицированными исполнителями. Иначе самые лучшие, эффективные по содержанию виды и варианты мероприятий и технологий не будут адекватно реализовываться на практике со всеми вытекающими отрицательными последствиями.

Выполнение рубок ухода и других мероприятий ухода за лесами случайными исполнителями не гарантирует достижение цели и приводит к отрицательным последствиям, что вполне возможно и вероятно при существующей системе организации ведения лесного хозяйства как на условиях аренды или постоянного (бессрочного) пользования, так и по контрактам на выполнение работ охраны, защиты и воспроизводства лесов.

В связи с этим и в Правила ухода за лесами целесообразно ввести положение, определяющее, что *практическое проведение мероприятий ухода за лесами может осуществляться только исполнителями, прошедшими обучение по специальным программам, утвержденным федеральным органом исполнительной власти, ответс-*

твенным за установление Правил ухода за лесами, с проверкой качества выполнения работ исполнителями по каждому виду ухода за лесами. При этом осуществляется мониторинг качества проведения мероприятий ухода за лесами по каждому виду ухода с проверкой на основе учетных работ не менее одного участка в год при проведении мероприятий исполнителем не более чем на 100 га. Замена участков проверяемых видов ухода за лесами не допускается.

В целом, для улучшения условий научного обеспечения совершенствования (развития) лесоводственных мероприятий, в т.ч. ухода за лесами, экспериментальной разработки и опытной отработки новых вариантов мероприятий, технологий их осуществления, необходимы:

– объекты НИР, экспериментальных, опытных работ и освоения новых и заимствованных разработок на практике;

– законодательные и нормативные возможности и условия выполнения эксперимента, в т.ч. выходящего за рамки требований к мероприятиям (уже существующим) нормативно применяемым на конкретных объектах;

– возможности подготовки и реализации на основе научно обоснованных данных опытной проверки новой (или заимствованной) разработки и освоения ее вначале в опытных условиях до включения в нормативные документы, и широкого использования на практике.

Для быстрого эффективного освоения новых разработок, нормативных ма-

териалов по ним необходимо обучение на базе этих объектов не только студентов техникумов и вузов, но и ведение системного периодического повышения квалификации соответствующих специалистов.

Библиографический список

1. Морозов, Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. Т. 1. – М., 1970. – 460 с.
2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.
3. Правила ухода за лесами – Приказ МПР РФ от 16.07.2007 № 185 об утверждении (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.08.2007 № 10069).
4. Особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных в водоохраных зонах, лесов, выполняющих функции защиты природных и иных объектов, ценных лесов, а также лесов, расположенных на особо защитных участках лесов – Приказ Рослесхоза от 14.12.2010 № 485 об утверждении (Зарегистрировано в Минюсте РФ 30.12.2010 № 19474).
5. Особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях – Приказ МПР РФ от 16.07.2007 № 181 об утверждении (Зарегистрировано в Минюсте РФ 03.09.2007 № 10084).
6. Георгиевский, Н.П. Рубки ухода за лесом / Н.П. Георгиевский. – М.: Гослесбумиздат, 1957. – 142 с.
7. Давыдов, А.В. Рубки ухода за лесом / А.В. Давыдов. – М.: Лесная пр-сть, 1971. – 180 с.
8. Атрохин, В.Г. Формирование высокопродуктивных насаждений / В.Г. Атрохин. – М.: Лесная пр-сть, 1980. – 232 с.
9. Сеннов, С.Н. Уход за лесом: Экологические основы / С.Н. Сеннов. – М., 1984. – 127 с.
10. ОСТ 56-108-98. Лесоводство. Термины и определения. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1999. – 57 с.
11. Перечень лесорастительных зон Российской Федерации и Перечень лесных районов Российской Федерации – Приказ Рослесхоза от 09.03.2011 № 61 об утверждении (Зарегистрировано в Минюсте РФ 28.04.2011 № 20617).
12. О повышении эффективности лесного комплекса Российской Федерации. Решение заседания президиума Государственного совета 11 апреля 2013 года.

FOREST TREATMENT LEGAL REGULATIONS AND THEIR DEVELOPMENT

Zheldak V.I., VNIILM, Dr.Sci. (Biol.); Sidorenkov V.M., VNIILM, Ph.D (Agricultural); Doroshenkova E.V., researcher VNIILM; Stepanova S.K., researcher VNIILM

forestvniilm@yandex.ru

All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM), 141202, Moscow region, Pushkino, Institutskaya str. 15

The relevance of the development of the forest treatment legal regulations is based on a set of reasons once existing and established again at the turn of XX-XXI centuries. These reasons include the escalation of traditional requirements of regional resource use and forest regeneration intensification with significant (priority) growth of forest use requirements for environmental reasons and thus the growing importance of the forest treatment legal regulations that along with forest regeneration are a key set of forest regeneration events and forest management and use as a whole. The analysis of the forest treatment regulations fixed at legal regulatory documents and their comparison with the historically and scientifically accumulated research findings in the given area of forestry shaped a set of issues to be faced urgently to develop the forest treatment legal regulations. Certain proposals to their solution in order to achieve specific targets for significant improvement of forest management and

use, forest conditions, to raise their resistance, productivity and other favourable features have been developed and presented. Meanwhile it has been found that within forest treatment legal regulations development forest treatment guidelines should fully present the provisions reflecting forest treatment specifics by forest types and protective forest categories with regard to and in interaction with the corresponding specifics of forest conservation, protection, use and regeneration in other documents adopted under the Forest Code requirements. For the implementation of the proposals and overall forest treatment operation development using modern information and technical hardware for their development and wide practical efficient performance a set of organizational issues should be addressed including legal and real provision of long-term target studies with projects, reconstruction of research facility base, sites for experimental and pilot operations representing the whole diversity of national forests.

Keywords: silviculture, standards, requirements, forest treatment, forest regeneration, thinning, argo-forestal and other operations, resistance, forest productivity.

References

1. Morozov G.F. *Izbrannye trudy* [Selected Works]. T. 1, M., 1970, 460 p.
2. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 04.12.2006 N 200-FZ* [Forest code of Russian Federation ot 04.12.2006 N 200-FZ].
3. *Pravila ukhoda za lesami, Prikaz MPR RF ot 16.07.2007 N 185 ob utverzhdenii* [Regulations of forest tending, Order of MPR RF from 16.07.2007 N 185 on approval] (*Zaregistrirvano v Minyuste RF 29.08.2007 N 10069*) [Registered in the Ministry of Justice of RF on 29.08.2007 N 10069].
4. *Osobennosti ispol'zovaniya, okhrany, zashchity, vosproizvodstva lesov, raspolozhennykh v vodookhrannykh zonakh, lesov, vypolnyayushchikh funktsii zashchity prirodnykh i inykh ob'ektov, tsennykh lesov, a takzhe lesov, raspolozhennykh na osobo zashchitnykh uchastkakh lesov, Prikaz Rosleskhoza ot 14.12.2010 № 485 ob utverzhdenii* [Features of usage, tending, protection, reforestation for forests located in water protection zone, forest performing functions of protecting nature and other sites, valuable forests, also for forests located on specially protected forest areas, Order of Federal Forest Agency from 14.12.2010 № 485 approval] (*Zaregistrirvano v Minyuste RF 30.12.2010 № 19474*) [registered in Ministry of Justice of the Russian Federation 30.12.2010 № 19474].
5. *Osobennosti ispol'zovaniya, okhrany, zashchity, vosproizvodstva lesov, raspolozhennykh na osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh, Prikaz MPR RF ot 16.07.2007 № 181 ob utverzhdenii* [Features of usage, tending, protection, reforestation for forests, located on specially protected natural areas, Order of MPR RF from ot 16.07.2007 № 181 approval] (*Zaregistrirvano v Minyuste RF 03.09.2007 № 10084*) [registered in Ministry of Justice of the Russian Federation 03.09.2007 № 10084].
6. Georgievskiy N.P. *Rubki ukhoda za lesom* [Cleanning cutting of forests]. Moscow: Goslesbumizdat, 1957, 142 p.
7. Davydov A.V. *Rubki ukhoda za lesom* [Cleanning cutting of forests] Moscow: *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry], 1971, 180 p.
8. Atrokhin V.G. *Formirovanie vysokoproduktivnykh nasazhdeniy* [Forming of highly productive plantation]. Moscow: *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry], 1980. 232 p.
9. Sennov S.N. *Ukhod za lesom: Ekologicheskie osnovy* [Forest management: Ecological bases]. Moscow, 1984. 127 p.
10. *OST 56-108-98. Lesovodstvo. Terminy i opredeleniya* [OST 56-108-98. Forestry. Terms and definitions]. Moscow: *VNIITslesresurs*, 1999. 57 p.
11. *Perechen' lesorastitel'nykh zon Rossiyskoy Federatsii i Perechen' lesnykh rayonov Rossiyskoy Federatsii, Prikaz Rosleskhoza ot 09.03.2011 № 61 ob utverzhdenii* [The list of silvicultural areas of the Russian Federation and the list of forest areas of the Russian Federation, Order of Federal Forest Agency from 09.03.2011 № 61 approval] (*Zaregistrirvano v Minyuste RF 28.04.2011 № 20617*) [registered in Ministry of Justice of the Russian Federation 28.04.2011 № 20617].
12. «*O povyshenii effektivnosti lesnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii*», *Reshenie zasedaniya prezidiuma Gosudarstvennogo soveta 11 aprelya 2013 goda* [«On improving the efficiency of the forest sector in the Russian Federation», The decision of the Presidium of the State Council on 11 April 2013].

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОПРОДУКЦИИ

С.П. АГЕЕВ, доц. С(А)ФУ, д-р техн. наук,

В.И. МЕЛЕХОВ, проф. каф. древесиноведения и технологии деревообработки С(А)ФУ,
д-р техн. наук,

С.Н. РЫКУНИН, проф. каф. технологии деревоперерабатывающих производств МГУЛ,
д-р техн. наук

doctor.mart11@mail.ru, rikunin@mgul.ac.ru

Лесотехнический институт Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова,
163002, г. Архангельск, Наб. Сев. Двины, 17,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Производственный процесс в лесопильном цехе обладает свойствами вероятностных процессов. Среди множества различных типов случайных процессов особое значение для математического моделирования производственных систем имеют марковские процессы. Структурный анализ технологических схем лесопильного производства показал, что оно по своей структуре может быть представлено как система массового обслуживания. На вход такой системы поступает поток пиловочного сырья, а на выходе образуется поток пиломатериалов. При этом отдельные технологические операции процесса образуют фазы системы массового обслуживания, что позволяет рассматривать лесопильное производство как многофазную систему. В свою очередь, каждая фаза также представляет систему массового обслуживания с ожиданием. Установлено, что входящий поток сортиментов на всех фазах технологического процесса представляет собой случайный процесс, обладающий свойствами: ординарность, стационарность, ограниченность последствия. Для моделирования стационарного потока с ограниченным последствием наиболее адекватной математической моделью является поток Эрланга. Определены интенсивности входящих потоков и их зависимость от технологических параметров режимов работы оборудования и геометрических характеристик сортиментов.

Ключевые слова: технологический процесс, случайная величина, закон распределения вероятностей, система массового обслуживания, плотность распределения.

Известно, что характер изменения потребления электроэнергии предприятием в целом определяется характером ее потребления отдельными участками производства, который, в свою очередь, зависит от режима работы оборудования или протекания технологического процесса. Поэтому при анализе отдельных производственных подразделений лесопильно-деревообрабатывающего комбината необходимо одновременно учитывать и особенности протекания технологических процессов с учетом влияния основных факторов [1].

Технологический процесс в лесопильном производстве состоит из отдельных операций [2]. Эти операции проходит каждый объект обработки в отдельности, трансформируемый по мере движения в лесопильном потоке, поэтому производственный процесс в лесопильном цехе носит дискретный характер. Такой процесс существенно отличается от дискретных процессов в других отраслях промышленности (машиностроение, легкая и пищевая промышленность) тем, что исходное

сырье (бревна) и продукция из него (пиломатериалы) изменяются по размерам и качеству в значительных пределах.

Характерной особенностью процессов деревообработки является и то, что сам объект обработки – древесина – является очень сложным. Влияние природных особенностей развития обуславливает резко выраженную индивидуальность технических свойств древесины. Показатели, характеризующие форму, размеры и физические свойства исходного сырья, могут принимать различные значения в некотором диапазоне их изменения. Между этими отдельными значениями нет определенной зависимости. Отсутствует определенная закономерность и в очередности значений данных показателей, поэтому параметры исходного сырья имеют свойства случайных величин.

Кроме этого, параметры отдельных механизмов не являются строго постоянными. В процессе работы происходит износ деталей и узлов. В связи с этим продолжительность технологических операций непостоянна: она



Рис. 1. Сетевая модель поточной линии производства пилопродукции
 Fig. 1. Network model of sawn timber production line

зависит от качества сырья, типоразмеров готовой продукции и параметров оборудования. Поэтому продолжительность технологических операций следует рассматривать как некоторую случайную величину со своим законом распределения. При таких условиях технологическое оборудование лесопильного цеха не может работать в каком-либо едином ритме. При переменном ритме одни агрегаты влияют на другие. Это приводит к тому, что подача сырья к технологическим агрегатам происходит не через постоянные интервалы времени, а с некоторым отклонением их от средних значений [3].

Таким образом, характерной особенностью процессов деревообработки является постоянно проявляющееся воздействие различных случайных факторов. Поэтому для более полного изучения основных закономерностей функционирования производственного процесса лесопильного цеха необходимо рассматривать этот процесс как разновидность случайного процесса [4].

Метод проведения исследований

Производственный процесс в лесопильном цехе обладает свойствами вероятностных процессов. Среди множества различных типов случайных процессов особое значение для математического моделирования производственных систем имеют марковские процессы с непрерывным временем [4].

Структурный анализ технологических схем лесопильного производства показывает, что оно по структуре может быть представлено как система массового обслуживания (СМО) [5]. На вход такой системы поступает поток пиловочного сырья, а на выходе образуется поток пиломатериалов. При этом отдельные технологические операции процесса образуют фазы СМО, что позволяет рассматривать лесопильное производство как многофазную СМО. В свою очередь, каждая фаза также представляет СМО с ожиданием.

Производственный процесс как процесс массового обслуживания характеризуется такими основными показателями:

- интенсивность входящего потока объектов труда;
- интенсивность обслуживания (производительность системы или агрегата);
- загрузка системы или агрегата;
- распределение времени обслуживания объектов труда;
- среднее число объектов труда, находящихся в системе;
- распределение времени между двумя последовательными поступлениями объектов труда;
- распределение времени пребывания объекта труда в системе или в очереди на обслуживание;

Структурная схема поточной линии как многофазной СМО представлена на рис. 1.

Источником требований является участок сортировки. Первой фазой обслуживания является окорка бревен. Вторая фаза – распиловка бревен. Третья фаза – распиловка брусьев. Четвертая фаза – обрезка досок. Математическое описание участков технологического процесса поточной линии производства пилопродукции представлено следующим образом.

Участок окорки бревен. Установлено, что входящий поток сортиментов представляет собой случайный процесс, обладающий свойствами: ординарность, стационарность, ограниченность последствия. Для моделирования стационарного потока с ограниченным последствием был принят поток Эрланга. Пусть t_1, t_2, \dots есть последовательные моменты поступления бревен в окорочный станок. Величина t_0 есть начальный момент времени.

Обозначим промежутки времени между моментами поступления двух смежных бревен через

$$z_i = t_i - t_{i-1}, i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Для математического описания стационарного потока с ограниченным последствием рассмотрим функцию $\phi_0(t)$. А.Я. Хинчиным доказана теорема [6], согласно которой функция распределения случайных величин $z_i, i = 1, 2, \dots$ имеет вид

$$F_1(t) = \lambda_1 \int_0^t \phi_0(u) du, \quad (2)$$

$$F_i(t) = 1 - \phi_0(t), i \geq 2, \quad (3)$$

где λ_i – интенсивность потока сортиментов.

Так как вероятность поступления требований в окорочный станок за время $(0, \infty)$ равна единице, то из (2) получим

$$F_1(\infty) = \lambda_1 \int_0^{\infty} \phi_0(u) du = 1, \quad (4)$$

откуда с учетом (3)

$$\lambda_1 = \frac{1}{\int_0^{\infty} (1 - F_i(t)) dt}; \quad i \geq 2. \quad (5)$$

Интеграл, стоящий в знаменателе (5), представляет собой математическое ожидание случайной величины $z_i (i = 2, 3, \dots)$, т.е.

$$Mz_B = \int_0^{\infty} (1 - F_i(t)) dt = \frac{1}{u_1} ML + M\tau.$$

откуда согласно (5) интенсивность потока сортиментов

$$\lambda_1 = \frac{u_1}{ML + u_1 M\tau_B},$$

где ML – математическое ожидание длины бревен, м;

$M\tau_B$ – математическое ожидание длительности межторцового разрыва, с;

u_1 – скорость подачи окорочного станка, м/с.

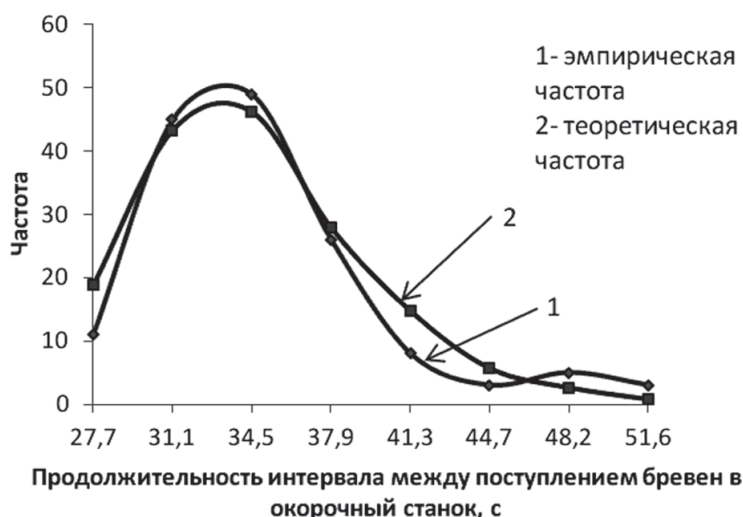


Рис. 2. Эмпирическая и теоретическая зависимости распределения длительности интервалов между поступлениями бревен диаметром 20 см в окорочный станок

Fig. 2. Empirical and theoretical distribution according to the length of the intervals between the arrivals of logs with a diameter of 20 cm in the debarker

Проведенное авторами экспериментальное исследование процесса окорки на Соломбальском ЛДК г. Архангельска подтвердило гипотезу о том, что входящий поток сортиментов может быть описан законом Эрланга порядка $k_1 = 42$ и интенсивностью $\lambda_1 = 0,03 \text{ с}^{-1}$ (рис. 2), плотность распределения которого

$$f_1(t) = \frac{k\lambda_1(k\lambda_1 t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-k\lambda_1 t}.$$

Для определения эффективности работы участка окорки необходимо знать закон распределения времени окорки бревен. Для решения этой задачи был использован метод, разработанный А.К. Эрлангом, согласно которому операция окорки отдельных бревен рассматривается как случайный марковский процесс, состоящий из ряда последовательно выполняемых этапов. При этом под этапом понимается элементарная стадия процесса окорки, длительность выполнения которой представляет собой непрерывную случайную величину.

Полагая, что для окорки отдельного бревна требуется выполнить k_3 этапов процесса, поставим в соответствие каждому этапу состояние окорочного станка: e_1, e_2, \dots, e_{k_3} . СМО действует таким образом, что, как только обслуженное требование покинет ее, на вход станка может поступить новое требование, которое занимает этап 1 (станок переходит в состояние e_1) и находится в нем случайное время τ_1 . После ухода из первого этапа требование поступает на этап 2 (станок переходит в состояние e_2) и находится там случайное время τ_2 и т.д. После окончания k_3 -го этапа требование покидает окорочный станок, а сам он переходит в состояние E_B , обусловленное межторцо-

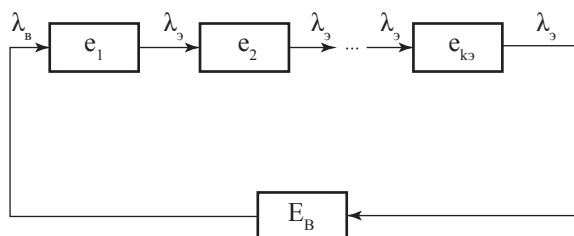


Рис. 3. Размеченный граф состояний окорочного станка при окорке отдельного бревна

Fig. 3. Labeled graph of the debarker states with individual log debarking

вым разрывом. Только после этого в станок может поступить новое требование и он вновь перейдет в состояние e_1 (рис. 3).

Полагаем, что переход требования от одного этапа к следующему происходит под воздействием пуассоновского потока событий с интенсивностью λ_3 . Тогда плотность распределения времени выполнения этапа окорки

$$f_i(t) = \lambda_3 e^{-\lambda_3 t}, \quad i = 1, 2, \dots, k_3. \quad (6)$$

Средняя длительность этапа окорки

$$\bar{\tau}_c = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda_3 t} dt = \frac{1}{\lambda_3},$$

Полное время τ_3 окорки бревна равно сумме k_3 случайных величин τ_i , каждая из которых описывается распределением (6). Характеристическая функция (ХФ) случайной величины τ_i имеет вид

$$\vartheta_i(v) = \int_0^{\infty} e^{jv t} f_i(t) dt = \int_0^{\infty} e^{jv t} \lambda_3 e^{-\lambda_3 t} dt = \frac{\lambda_3}{\lambda_3 - jv},$$

где $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица;

v – параметр ХФ.

ХФ суммы независимых случайных величин

$$\vartheta(v) = [\vartheta_i(v)]^k = \frac{\lambda_3^{k_3}}{(\lambda_3 - jv)^k}.$$

При обратном преобразовании найдем плотность вероятности длительности окорки бревна

$$f_3(t) = \lambda_3 \frac{(\lambda_3 t)^{k_3-1}}{\Gamma(k_3)} e^{-\lambda_3 t} = \lambda_3 \frac{(\lambda_3 t)^{k_3-1}}{(k_3-1)!} e^{-\lambda_3 t} = \mu_1 k_3 \frac{(\mu_1 k_3 t)^{k_3-1}}{(k_3-1)!} e^{-\mu_1 k_3 t},$$

где $\Gamma(k_3)$ – гамма-функция;

$\mu_1 = \lambda_3/k_3$ – интенсивность обслуживания, равная среднему числу требований, обслуженных в единицу времени, с^{-1} .

Участок распиловки бревен. Рассматриваем накопитель, впередирамные тележки и лесопильную раму как элементы, образующие СМО. Емкость накопителя составляет m бревен. Установлено, что время обслуживания одного требования (распиловки бревна) является случайной величиной, распределенной по закону Эрланга с параметрами k_3 и μ_2 [7–9]. В одноканальной СМО требование, поступившее в момент, когда канал занят,

становится в очередь и ожидает обслуживания при условии, что длина очереди в этот момент менее m .

Так как время распиловки бревен распределено по закону Эрланга, для такого случайного процесса не представляется возможным определить предельные вероятности состояний СМО по методике, которая применяется для марковских процессов. В связи с этим случайный процесс искусственно сведен к марковскому. Этот метод состоит во введении в граф реальных состояний СМО определенного числа фиктивных состояний – «псевдосостояний», превращающих немарковский случайный процесс в марковский. Определив вероятности реальных состояний, вычисляем характеристики эффективности СМО и проводим анализ работы участка: среднее число требований в системе и в очереди; пропускная способность системы; среднее время пребывания требования в системе (в очереди и на обслуживании) и в очереди; коэффициент загрузки системы; вероятность того, что поступившее требование приведет к переполнению накопителя.

Участок распиловки брусьев. Рассмотрим накопитель, роликовый конвейер-манипулятор и лесопильную раму как элементы, образующие СМО. Такая СМО относится к системам с ограниченной длиной очереди ожидающих обслуживания требований (брусьев). Установлено, что входящий в накопитель брусоперекладчика поток брусьев обладает свойствами ординарности, стационарности и ограниченным последствием (поток Эрланга). Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи лесопильной рамы первого ряда, продолжительности межторцового разрыва и не зависят от скорости и длины роликового конвейера, подающего брусья в накопитель брусоперекладчика.

Интенсивность λ_3 входящего потока брусьев

$$\lambda_3 = \frac{u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}},$$

где u_2 – скорость подачи лесопильной рамы первого ряда,

$M\tau_{B2}$ – математическое ожидание длительности межторцового разрыва на лесопильной раме первого ряда.

Из-за различной длины, а также кривизны распиливаемых брусьев продолжительность движения брусьев из накопителя и цикл работы конвейера-манипулятора не являются постоянными величинами, а носят случайный характер.

Установлено, что продолжительность перемещения бруса из накопителя до момента начала его распиловки на лесопильной раме распределена по логарифмически нормальному закону. Интенсивность потока брусьев

$$\lambda_3^* = \frac{u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}}.$$

Таким образом, входящий в лесопильную раму второго ряда поток брусьев имеет такие же параметры, что и входящий поток брусьев на участок распиловки и представляет собой поток Эрланга. Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи лесопильной рамы первого ряда, продолжительности межторцового разрыва на этой раме и не зависят от скорости конвейера – манипулятора, подающего брусья в лесопильную раму.

Участок обрезки досок. Будем рассматривать стол и обрезной станок как элементы, образующие каналы двухканальной СМО. Работа такой СМО характеризуется временем, которое затрачивается на обслуживание одной заявки (необрезной доски) [10].

Установлено, что интенсивность λ_4 потока необрезных досок, поступающих от лесопильной рамы первого ряда (1-й канал СМО)

$$\lambda_4 = \frac{u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}} = \lambda_3.$$

Таким образом, входящий на участок окорки поток необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда имеет такие же параметры, что и входящий поток брусьев на участок распиловки, и представляет собой поток Эрланга. Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи лесопильной рамы первого ряда, продолжительности межторцового разрыва на этой раме и не зависят от скорости конвейеров, по которым перемещаются необрезные доски.

Интенсивность λ_5 потока необрезных досок, поступающих на стол к обрезному станку от лесопильной рамы второго ряда (2-й канал СМО), определяется следующим образом

$$\lambda_5 = \frac{2u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}}$$

Таким образом, входящий на участок окорки поток необрезных досок от лесопильной рамы второго ряда имеет удвоенную интенсивность по сравнению с интенсивностью входящего потока необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда и также представляет собой поток Эрланга.

Интенсивность потока необрезных досок, выпиленных из бревна,

$$\lambda_4^* = \frac{u_4}{ML_{CP} + u_4 M \tau_{PVC}},$$

$M \tau_{PVC}$ – математическое ожидание продолжительности выполнения ручных операций на станке;

u_4 – скорость подачи обрезного станка,

L_{CP} – средняя длина обрезной доски.

Таким образом, входящий в обрезной станок поток необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда представляет собой поток Эрланга. Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи обрезного станка, продолжительности межторцового разрыва на этом станке и не зависят от скорости конвейеров, по которым перемещаются необрезные доски.

Общий поток необрезных досок к окорочному станку, поступающих от лесопильной рамы второго ряда, представляет собой сумму двух стационарных потоков необрезных досок, а поэтому также будет стационарным; его интенсивность определяется как сумма интенсивностей складываемых потоков

$$\lambda_5^* = \frac{2u_4}{ML_{CP} + u_4 M \tau_{PVC}}$$

Таким образом, входящий в обрезной станок поток необрезных досок от лесопильной рамы второго ряда имеет удвоенную интенсивность по сравнению с интенсивностью входящего потока необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда и также представляет собой поток Эрланга.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что входящий поток сортиментов на всех фазах технологического процесса представляет собой случайный процесс, обладающий свойствами: ординарность, стационарность, ограниченность последствия. Для моделирования стационарного потока с ограниченным последствием наиболее адекватной математической моделью является поток Эрланга. Определены интенсивности входящих потоков и их зависимость от технологических параметров режимов работы оборудования и геометрических характеристик сортиментов.

Интервалы между поступлениями требований и продолжительность их обслуживания на всех фазах технологического процесса являются случайными величинами, поэтому они могут быть аппроксимированы с помощью распределения Эрланга.

Библиографический список

1. Агеев, С.П. Моделирование групповых графиков нагрузки электрических сетей лесопильного производства / С.П. Агеев // ИВУЗ, Лесной журнал, 2002. – № 2. – С. 121–127.
2. Рыкунин, С.Н. Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств: учеб. пособие для студентов / С.Н. Рыкунин, Ю.П. Тюкина, В.С. Шалаев. – М.: МГУЛ, 2003. – 225 с.
3. Агеев, С.П. Закономерности распределения длительности рабочих циклов лесопильных рам / С.П. Агеев // Известия СПб ЛТА. – Вып. 180. – 2007. – С. 203–208.
4. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высшая школа, 2000. – 383 с.
5. Фергин, В.Р. Методика разработки статистической модели функционирования лесопильного производства / В.Р. Фергин // Сб. тр. МЛТИ. – Вып. 59. – 1973. – С. 58–65.
6. Хинчин, А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. – М.: Физматгиз, 2004. – 236 с.
7. Агеев, С.П. Стохастические закономерности операционных циклов лесопильных рам / С.П. Агеев // ИВУЗ, Лесной журнал. – 2014. – № 4. – С. 80–89.
8. Агеев, С.П. Математическое моделирование процессов распиловки древесины / С.П. Агеев // Известия СПбЛТА. – Вып 179. – СПб.: ЛТА, 2007. – С. 142–152.
9. Агеев, С.П. Математическая модель участка равной распиловки древесины / С.П. Агеев, В.И. Мелехов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.- техн. конф., 9–11 дек. 2008. – Вологда, 2009. – С. 56–58.
10. Рыкунин, С.Н. К определению оптимальных размеров обрезных досок / С.Н. Рыкунин, В.С. Шалаев // Научн. тр. МЛТИ. – Вып. 170. – М., 1985. – С. 16–18.

PROBABILISTIC MODELING OF TIMBER PRODUCTION

Ageev S.P., Assoc. Prof. NArFU, Dr. Sci. (Tech.); Melekhov V.I., Prof. NArFU, Dr. Sci. (Tech.); Rykunin S.N., Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)

doctor.mart11@mail.ru, rikunin@mgul.ac.ru

Northern (Arctic) Federal University of M.V. Lomonosov, 163002, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Embankment, 17
Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

The industrial process in a wood-sawing workshop has the features of random processes. Markov processes are of a special significance for the mathematical modeling of industrial systems among various types of random processes. The structural analysis of the industrial schemes of wood-sawing production has shown that it can be represented as a queuing system. The source material for this system is the sawlog flow, and the target product is a timber stream. The individual steps of the process form the phases of the queuing system, which allows to consider wood-sawing process as a multiphase system. Each phase in its turn also is a queuing system which includes waiting. It has been established that the incoming stream of logs at all phases of the process is a random process with special properties: ordinarity, stationarity, limited aftereffect. The most adequate mathematical model for modeling the stationary flow with limited aftereffect is the flow of Erlang. The intensity of the incoming streams and their dependence on technological parameters of equipment operating conditions and geometric characteristics of assortments has also been determined.

Key words: industrial process, random variable, probability distribution law, queuing system, the density distribution.

References

1. Ageev S.P. *Modelirovanie gruppovykh grafikov nagruzki elektricheskikh setey lesopil'nogo proizvodstva* [Modeling group load curves of electrical networks sawmill]. IVUZ, Forest zhurnal. 2002. № 2. pp 121-127.
2. Rykunin S.N., Tyukina Yu.P., Shalaev V.S. *Tekhnologiya lesopil'no-derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv: ucheb. posobie dlya studentov* [Technology sawmill and woodworking industries: Proc. aid for students]. Moscow: MSFU, 2003. 225 p.
3. Ageev S.P. *Zakonomernosti raspredeleniya dlitel'nosti rabochikh tsiklov lesopil'nykh ram* [Patterns of distribution of cycle time log frames] Izvestiya SPb LTA. No. 180. 2007, pp 203-208.
4. Venttsel' E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya sluchaynykh protsessov i ee inzhenernye prilozheniya* [The theory of stochastic processes and its engineering applications]. Moscow: High School, 2000. 383 p.
5. Fergin V.R. *Metodika razrabotki statisticheskoy modeli funktsionirovaniya lesopil'nogo proizvodstva* [Methods of development of the statistical model of functioning sawmill]. Coll. MLTI works, vol. 59. Moscow, 1973. pp. 58-65.
6. Khinchin A.Ya. *Raboty po matematicheskoy teorii massovogo obsluzhivaniya* [Work on the mathematical theory of queuing]. Moscow: Fizmatgiz, 2004. 236 p.
7. Ageev S.P. *Stokhasticheskie zakonomernosti operatsionnykh tsiklov lesopil'nykh ram* [Ageev Stochastic regularities operating cycles log frames]. IVUZ, Forest zhurnal. 2014. № 4. pp. 80-89.
8. Ageev S.P. *Matematicheskoe modelirovanie protsessov raspilovki drevesiny* [Mathematical modeling of wood cutting]. Proceedings of St. Petersburg LTA. No. 179. SPb.: LTA. 2007, pp. 142-152.
9. Ageev S.P., Melekhov V.I. *Matematicheskaya model' uchastka ravnoy raspilovki drevesiny* [A mathematical model of the equal sawing wood]. Actual problems of forest sector development: Proceedings of the international. Conf., 9-11 December. 2008 Vologda, 2009. pp 56-58.
10. Rykunin S.N., Shalaev V.S. *K opredeleniyu optimal'nykh razmerov obreznykh dosok* [To determine the optimum size of edging boards]. Vyp. 170, Moscow, 1985, pp. 16-18.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТАНОВКИ ВАКУУМНО-КОНДУКТИВНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Р.Р. САФИН, *проф. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ, д-р техн. наук,*
Ш.Р. МУХАМЕТЗЯНОВ, *асп. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ,*
П.А. КАЙНОВ, *доц. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ, канд. техн. наук,*
А.Х. ШАЯХМЕТОВА, *асс. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ.*

joker775.87@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
420015, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса, 68

В области энергосберегающих технологий применительно к процессам сушки в последние годы наибольшее внимание уделяется использованию альтернативных источников энергии, в частности, отходов деревообработки. В то же время, известные в других отраслях промышленности методы снижения энергетических затрат применительно к деревообрабатывающей промышленности до сих пор не нашли широкого использования и зачастую носят индивидуальный характер. Так, например, используемые в конвективных сушилках тепловые насосы не получили дальнейшего развития и применения в других технологиях сушки. В связи с этим в статье представлены результаты исследований вакуум-осциллирующей кондуктивной сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов в установке, состоящей из двух сушильных камер, в которых асинхронно чередуются стадии нагрева и вакуумирования. Принцип работы установки основан на передаче тепловой энергии испаренной в первой камере влаги обрабатываемому телу, находящемуся во второй камере, с помощью теплового насоса. При этом на процесс передачи тепловой энергии из одной камеры в другую с помощью теплового насоса затрачивается в несколько раз меньшее количество электроэнергии, чем величина передаваемой энергии, поэтому процесс прогрева пиломатериалов протекает при меньших энергозатратах. По результатам экспериментальных исследований была разработана математическая модель процесса вакуумно-осциллирующей кондуктивной сушки пиломатериалов с использованием В-плана второго порядка с полными факторными планами, которые позволили определить исходные данные для инженерного метода расчета теплового насоса для предложенной конструкции установки. По представленной инженерной методике расчета была разработана энергосберегающая пилотная установка с тепловым насосом. Коэффициент преобразования электроэнергии для теплового насоса созданной пилотной установки $\mu_p = 5,28$, что подтверждает эффективность применения теплового насоса.

Ключевые слова: вакуум-осциллирующая сушка, пиломатериал, тепловой насос, контактная сушка.

Сушка является одной из самых энергоёмких и ответственных операций деревообрабатывающей промышленности, поэтому уже многие десятилетия к этому процессу приковано особое внимание исследователей. Получать высокое качество высушенной древесины и сократить продолжительность процесса, позволяет техника сушки материалов, осуществляемая в условиях пониженного давления. Однако вакуумная сушка имеет проблему подвода тепловой энергии к материалу. Существующие в различных отраслях промышленности такие известные технологии, как СВЧ, ТВЧ, контактный метод и тепловое излучение, применительно к сушке древесины не всегда позволяют получить материал с заданным качеством и небольшими энергозатратами, особенно это касается пиломатериалов большого сечения или древесины ценных пород. При этом контактный способ, наряду с его основным недостатком (трудоемкость процесса), остается наиболее технически и

технологически простым методом подвода тепловой энергии в вакууме, поэтому пользуется наибольшей популярностью. Отсюда, исследования в области снижения энергозатрат и повышения качества вакуум-кондуктивной сушки носят актуальный характер [1].

В области энергосберегающих технологий применительно к процессам сушки в последние годы наибольшее внимание уделяется использованию альтернативных источников энергии, в частности отходов деревообработки. В то же время, известные в других отраслях промышленности методы снижения энергетических затрат применительно к деревообрабатывающей промышленности до сих пор не нашли широкого использования и зачастую носят индивидуальный характер. Так, например, используемые в конвективных сушилках тепловые насосы не получили дальнейшего развития и применения в других технологиях сушки [2]. В связи с этим нами были проведены исследования вакуум-осциллирующей кондуктивной сушки

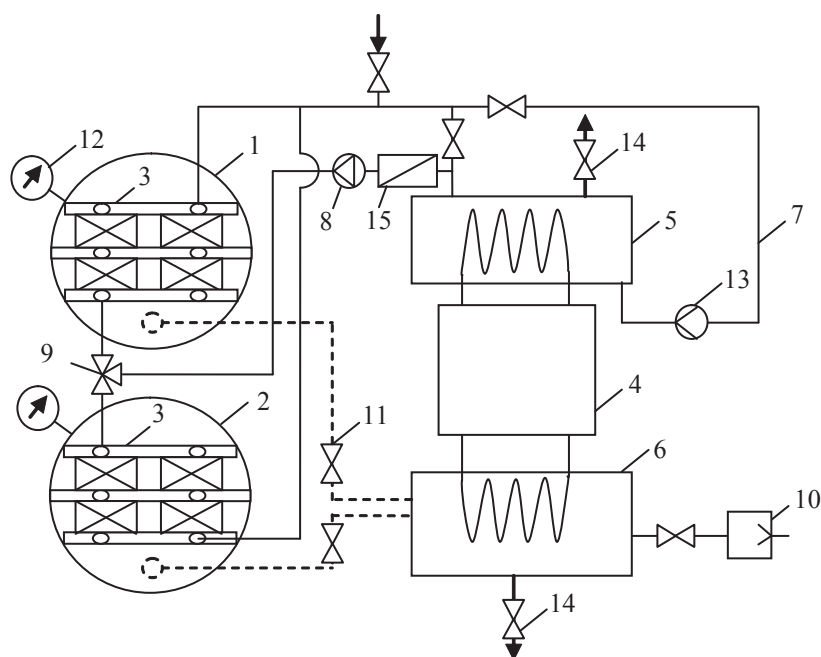


Рис. 1. Схема установки вакуум-осциллирующей сушки с тепловым насосом: 1 – первая камера сушки; 2 – вторая камера сушки; 3 – плиты с жидкостным нагревом; 4 – тепловой насос; 5 – конденсатор теплового насоса (телопередача «фреон–жидкостной теплоноситель»); 6 – испаритель теплового насоса; 7 – жидкостной трубопровод; 8 – циркуляционный жидкостной насос; 9 – трехходовой кран; 10 – вакуумный насос; 11 – электромеханический клапан; 12 – вакуумметр; 13 – расходомер; 14 – вентиль; 15 – дополнительный электроподогреватель теплоносителя

Fig. 1. The installation scheme of a vacuum oscillating drying with a heat pump: 1 – first drying chamber; 2 – second drying chamber; 3 – Liquid heating plate; 4 – heat pump; 5 – condenser of the heat pump (heat transfer «Freon coolant liquid»); 6 – heat pump evaporator; 7 – liquid pipeline; 8 – liquid circulating pump; 9 – three-way valve; 10 – vacuum pump; 11 – electromechanical valve; 12 – vacuum gauge; 13 – flowmeter; 14 – valve; 15 – additional electric heater coolant

капиллярно-пористых коллоидных материалов в установке, состоящей из двух сушильных камер, в которых асинхронно чередуются стадии нагрева и вакуумирования.

Принцип работы установки основан на передаче тепловой энергии, испаренной в первой камере влаги, обрабатываемому телу, находящемуся во второй камере, с помощью теплового насоса. При этом на процесс передачи тепловой энергии из одной камеры в другую с помощью теплового насоса затрачивается в несколько раз меньшее количество электроэнергии, чем величина передаваемой энергии, поэтому процесс прогрева пиломатериалов протекает при меньших энергозатратах.

Экспериментальная установка (рис. 1) работает следующим образом. Исследуемые свежесрубленные образцы древесины укладываются в камерах сушки на нагревательных плитах. При этом с целью предотвращения интенсивного удаления влаги с торцов

древесины последние закрашиваются быстро сохнущей краской. Для замера температуры в центре образца в него вводят одну из хромель-копелевых термопар, другая регистрирует температуру поверхности материала [3, 4]. Далее камеры герметизируются с помощью крышек и, включением дополнительно электроподогревателя и циркуляции теплоносителя по малому кругу, начинается нагрев образца в верхней камере [5]. Прогрев древесины продолжается до тех пор, пока температура внутри образца не достигнет заданного значения. После прогрева верхняя камера подвергается вакуумированию и выдержке до остывания пиломатериала. При этом испаряющаяся из высушенного материала влага, конденсируясь на испарителе теплового насоса, отдает тепловую энергию хладагенту, за счет чего осуществляется стадия нагрева материала в нижней камере. Продолжительность стадии вакуумирования в первой камере определя-

Переменные факторы и уровни их варьирования
Variables and levels of variation

Наименование фактора	Обозначение		Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
	Натуральное	Нормализованное		Нижний (-1)	Основной (0)	Верхний (+1)
Температура обработки, °С	T	X_1	10	40	50	60
Остаточное давление, кПа	$P_{\text{ост}}$	X_2	20	20	40	60
Плотность пиломатериалов, кг/м ³	ρ	X_4	10	400	500	600
Толщина пиломатериалов, мм	S	X_5	15	20	35	50
Удаление связанной влаги						
Влажность пиломатериалов, %	W	X_3	10	10	20	30

ется продолжительностью нагрева материала во второй камере. Далее происходит одно-временная смена стадий в камерах. Сушку проводят до тех пор, пока влагосодержание пиломатериалов не достигнет заданного конечного значения [6].

Основным лимитирующим параметром в инженерной методике расчета основных узлов предложенной конструктивной схемы установки является поток испаряющейся из материала влаги, определяющий основные технологические параметры теплового насоса. В связи с этим была разработана математическая модель процесса вакуумно-кондуктивной сушки пиломатериалов с использованием В-плана второго порядка с полными факторными планами (ПФП) [7].

В целях повышения точности математического описания зависимость выходной величины (скорость сушки) от различных факторов целесообразно рассматривать в двух интервалах: сушке образца выше и ниже предела насыщения клеточных стенок [8]. Исследуемые факторы, их интервалы и уровни варьирования представлены в табл. 1.

На рис. 2 представлены экспериментально полученные кинетические зависимости температуры, давления и влажности материала в процессе сушки по режиму: нагрев образцов толщиной 20 мм до температуры 50°С и последующая выдержка в разрежен-

ной среде остаточным давлением 20 кПа и охлаждением материала до 40 °С.

По полученным кривым сушки были построены серии кривых скорости сушки в зависимости от температуры нагревательной плиты на стадии нагрева, остаточного давления в камере на стадии вакуумирования и толщины пиломатериала. Кривые скорости сушки для пиломатериалов, высушенных по вышеописанным режимам (рис. 2), представлены на рис. 3.

Далее по результатам исследований были получены уравнения регрессии, определяющие скорость сушки пиломатериалов [9]

– для первого периода сушки

$$N_1 = -0,06416W - 0,08354T + 0,006635P - 0,0000415TP - 0,000076PW + 0,00142TW + 3,7666,$$

– для второго периода сушки

$$N_2 = -0,001473W - 0,000341\rho - 0,001152S - 0,0000097TP - 0,00001875TW + 0,0000112TS + 0,0000187WS + 0,000018\rho S + 0,000077T_2 - 0,0000282P_2 + 0,00000067\rho_2 - 0,0000368S_2 + 0,303571.$$

Таким образом, экспериментальные исследования и математическое моделирование процесса вакуум-осциллирующей кондуктивной сушки позволяют определить исходные данные для инженерного метода расчета теплового насоса (ТН) для предложенной конструкции установки [10, 11]. Кроме того, данными для расчета являются:

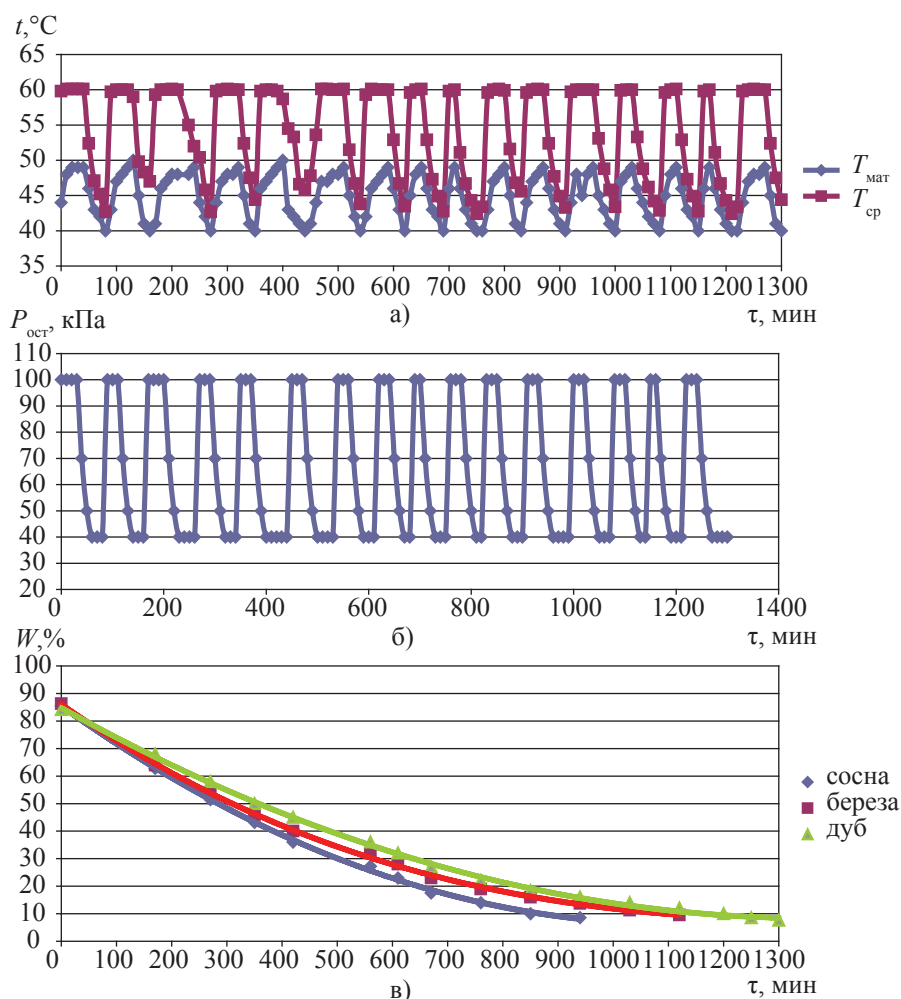


Рис. 2. Графики протекания процесса вакуум-осциллирующей сушки пиломатериалов: а – зависимость температуры от времени; б – зависимость остаточного давления от времени; в – кривая сушки пиломатериалов (сосна, береза, дуб)

Fig. 2. Graphs of the process of the oscillating vacuum drying lumber: а - temperature versus time; б - time course of the residual pressure; в - lumber drying curve (pine, birch, oak)

– тепловая нагрузка $Q_{\text{тн}}$ – определяется расходом испаренной влаги во время процесса выдержки пиломатериалов в процессе вакуумирования

$$Q_{\text{тн}} = N \cdot V_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot r,$$

где $V_{\text{м}}$ – объем материала;

$\rho_{\text{м}}$ – базисная плотность высушиваемого материала;

r – скрытая теплота парообразования.

– температура низкопотенциального теплоносителя на входе в испаритель – принимается равной температуре водяного пара, испаренного из материала и находящегося в свободном пространстве сушильной камеры (рис. 4) [12]

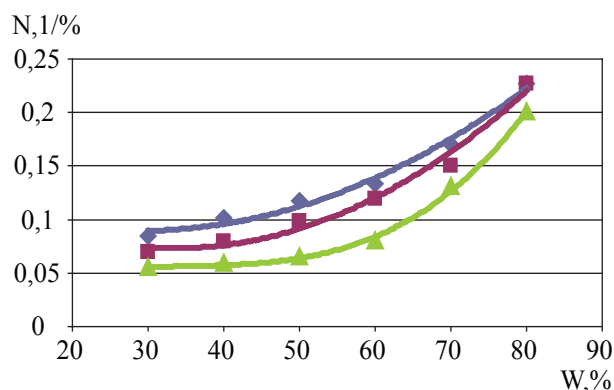


Рис. 3. График кривой скорости сушки (выше предела насыщения клеточных стенок)

Fig. 3. Schedule drying rate curve (above the saturation limit of the cell walls)

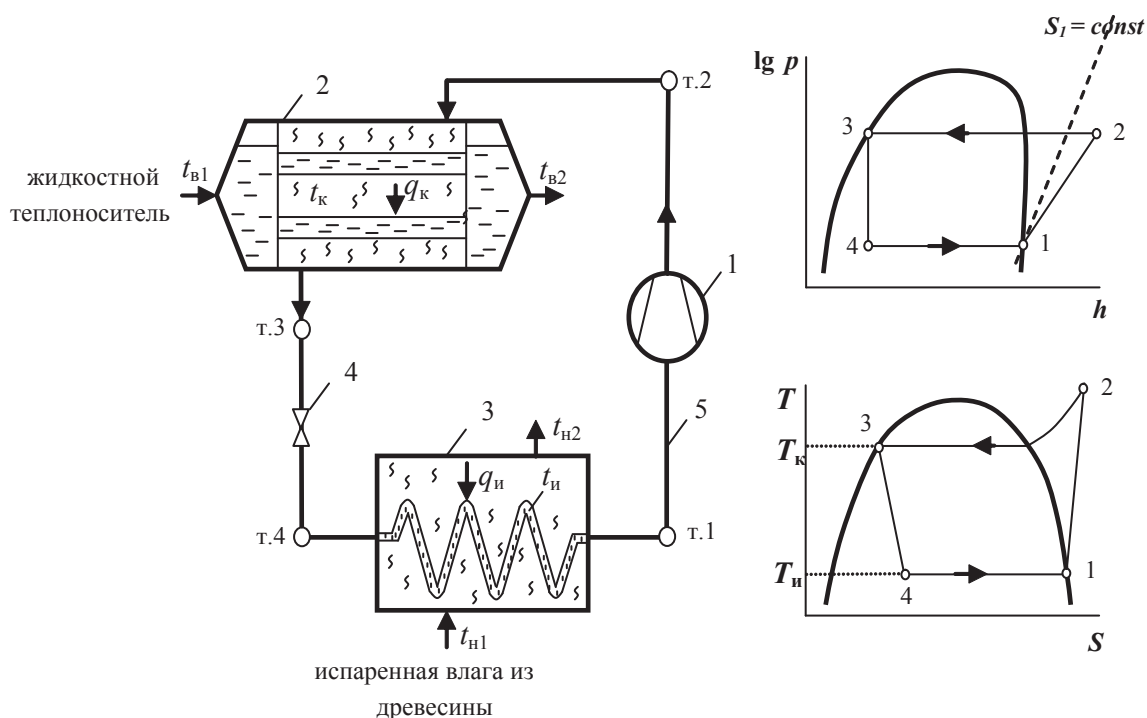


Рис. 4. Схема и цикл парокомпрессионного теплового насоса: t_{B1} , t_{B2} , t_H , t_{H2} – температуры высокопотенциального и низкопотенциального теплоносителя на входе и выходе; 1–т. 2 – необратимый политропный процесс сжатия паров хладагента в компрессоре; т. 2–т. 3 – изотермическая конденсация хладагента в конденсаторе и отдача теплоты высокопотенциальному теплоносителю; т. 3–т. 4 – необратимый адиабатический процесс расширения хладагента в дроссельном вентиле; т. 4–т. 1 – изотермическое испарение хладагента в испарителе за счет теплоты, отобранной у низкопотенциального теплоносителя

Fig. 4. Scheme and cycle of a vapor compression heat pump: t_{B1} , t_{B2} , t_H , t_{H2} - high-grade and low-grade is the temperature of the coolant at the inlet and outlet; т. 1–т. 2 - irreversible polytropic compression process vapor refrigerant in the compressor; т. 2–т. 3 - isothermal condensation of the refrigerant in the condenser and the return of high-grade heat transfer agent; т. 3–т. 4 - irreversible adiabatic expansion process of the refrigerant in the expansion valve; т. 4–т. 1 - isothermal evaporation of the refrigerant in the evaporator by the heat drawn from a low-grade coolant



Рис. 5. Пилотная вакуум-осциллирующая установка с тепловым насосом

Fig. 5. Pilot vacuum oscillating unit with heat pump

$$t_{H1} = t_{пара} = \frac{B}{A - \lg P} - C,$$

где A , B , C – константы уравнения Антуана.

– температура низкопотенциального теплоносителя t_{H2} на выходе из испарителя – принимается равной температуре конденсата, образующегося в результате процесса конденсации водяного пара на поверхности испарителя – $2 \div 5^\circ\text{C}$.

– температура высокопотенциального теплоносителя (горячей воды) на входе в тепловой насос t_{B1} и после теплового насоса t_{B2} , задается на 5 градусов соответственно выше или ниже температуры нагревательной плиты внутри камеры сушки, которая принимается при расчете необходимой скорости сушки материала

$$t_{B2} = t_{пл} + 5; t_{B1} = t_{пл} - 5,$$

– температура окружающей среды t_0 ;
 – перепады температуры на выходе из теплообменников (обычно 3–5°C) в испарителе Δt_n , конденсаторе Δt_k .

Дальнейший порядок расчета теплового насоса осуществляется по стандартным методикам термодинамических расчетов подобных процессов [13, 14].

По предложенной инженерной методике расчета вакуум-осциллирующей конденктивной сушики была разработана пилотная установка с применением теплового насоса, представленная на рис. 5.

Основные узлы созданной установки:

– компрессор для рабочего хладагента R22 теплопроизводительностью 625 Вт;

– конденсатор – кожухотрубчатый теплообменник для нагрева жидкостного агента сушики поверхностью теплообмена 3 м²;

– испаритель – кожухозмеевиковый теплообменник для конденсации испаренной во время сушики пиломатериала влаги поверхностью теплообмена 1,3 м²;

– вакуумный насос производительностью откачки 4,9 м³/сек;

– циркуляционный насос для доставки нагретой жидкости от теплового насоса к нагревательным плитам производительностью 3 м³/ч;

– вакуумный затвор между камерой и испарителем проводимостью 180 л/сек.

Отношение потребленной электроэнергии к полученной теплоте является показателем эффективности насоса μ . Коэффициент преобразования электроэнергии μ_3 (Coefficient of Performance или COP) – отношение теплоты, переданной горячему теплоносителю к электроэнергии, подведенной к приводу–электродвигателю компрессора, по отношению к коэффициенту μ дополнительно включает механические потери энергии в компрессоре и потери энергии в электродвигателе

$$\mu_3 = q_{mn} / W = \eta_{э.м.} \eta_3 \mu,$$

где $\eta_{э.м.}$ – электромеханический КПД компрессора, обычно равен 0,9–0,95,

η_3 – КПД электродвигателя, равен 0,6–0,95.

Эффективность работы ТН с электроприводом определяется выполнением условия $\mu_3 > 1$. Если эта величина равна 1, то теплота, вырабатываемая ТН, становится равной теп-

лоте, полученной при прямом использовании электроэнергии на сушку, и применение теплового насоса теряет смысл. Коэффициент преобразования электроэнергии для теплового насоса созданной пилотной установки $\mu_3 = 5,28$, что подтверждает эффективность применения ТН.

Библиографический список

1. Сафин, Р.Р. Вакуумно-кондуктивная сушка пиломатериалов: монография / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов. Казань: КГТУ – 2009.
2. Мухаметзянов, Ш.Р. Исследования вакуумно-осциллирующей сушики пиломатериалов с тепловым насосом // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 6. – С. 173–175.
3. Сафин, Р.Р. Технологические режимы вакуумной сушики пиломатериалов при конвективных методах подвода тепла / Р.Р. Сафин // Деревообрабатывающая пром-сть. – 2012. – № 3. – С. 68–70.
4. Сафин, Р.Р. Исследование вакуумно-кондуктивного термомодифицирования древесины / Р.Р. Сафин // Деревообрабатывающая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 24.
5. Мухаметзянов, Ш.Р. Вакуумно-осциллирующая сушка с использованием теплового насоса / Ш.Р. Мухаметзянов, Р.Р. Сафин // Деревообр. пром-сть. – 2013. – № 1. – С. 26–29.
6. Хасаншин, Р.Р. Исследование режимов сушики в вакуум-осциллирующей установке / Ш.Р. Мухаметзянов, Р.Р. Хасаншин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 6. – С. 207–210.
7. Пижурин, А. А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки/ А.А. Пижурин, М.С. Розенблит – М.: Лесная пром-сть., 1988. – 294 с.
8. Сафин, Р.Р. Новые подходы к совершенствованию вакуумно-конвективных технологий сушики древесины / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов // Деревообрабатывающая пром-сть. – 2005. – № 5. – С. 16.
9. Сафин, Р.Р. Математическая модель конвективной сушики коллоидных капиллярно-пористых материалов при давлении ниже атмосферного / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин // Вестник Казанского технологического университета. – 2005. – № 1. – С. 266.
10. Сафин, Р.Р. Исследование вакуумно-кондуктивного процесса модифицирующей термообработки древесины / Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, М.К. Герасимов, Д.А. Ахметова // Деревообрабатывающая пром-сть. – 2009. – № 3. – С. 9.
11. Сафин, Р.Р. Экспериментальные исследования осциллирующей сушики древесины в гидрофильных жидкостях / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов, Ф.Г. Валиев // Изв. вузов. Серия: Химия и химическая технология. – 2008. – Т. 51 – № 12. – С. 104–106.
12. Сафин, Р.Р. Математическая модель процесса конвективной сушики пиломатериалов в разреженной среде / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин // Известия вузов. Лесной журнал. – 2006. – № 4. – С. 64–71.
13. Быков, А.В. Холодильные машины и тепловые насосы / А.В. Быков, И.М. Калнинь, А.С. Крузе. – М.: Агропромиздат, 1988. – 287 с.
14. Данилова, Г.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок / Г.Н. Данилова и др. – Л.: Машиностроение, 1973. – 328 с.

METHOD OF CALCULATING THE PROCESS OF VACUUM– CONDUCTIVE LUMBER DRYING WITH HEAT PUMP

Safin R.R., Prof. KNRTU, Dr.Sci. (Tech.); Mukhametzyanov Sh.R., gr. KNRTU; Kainov P.A., Assoc. Prof. KNRTU, Ph.D (Tech.); Shayahmetova A.H., assistant KNRTU

joker775.87@mail.ru

Kazan National Research Technological University, 68, Karl Marx street, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russia

In the recent years much attention has been drawn to the use of the alternative energy sources, in particular waste wood, in the field of the energy-saving technologies applied to the drying processes. At the same time, the methods of reducing of the energy costs widely used in other industries, are still not widespread and applied in the woodworking industry. Thus, the heat pumps used in the convective drying plants have not been used further in other drying technologies. Thus, the results of research of the vacuum-oscillating conductive drying of capillary-porous colloidal materials in the plant consisting of the two drying chambers in which stages of heating and degassing are asynchronously alternated are presented in the given article. The principle of work of the plant is based on the transfer of the heat energy appearing as the result of evaporation of the moisture in the first chamber to the processed object, located in the second chamber, with the help of a heat pump. The process spends several times less electricity than the amount of transmitted energy, as the process of lumber heating flows with the lower energy consumption. A mathematical model of the oscillating conductive vacuum drying of lumber with the use of B-plan of the second order with full factorial plan has been developed according to the results of experimental studies. It allowed to establish baseline data for the engineering method for choosing the heat pump for the proposed construction of the plant. The energy-saving pilot plant with a heat pump has been developed by the presented engineering calculation method. The coefficient of performance for the heat pump of the developed pilot plant $\mu_s = 5,28$, which is confirmed by the effectiveness of the use of the heat pump.

Keywords: vacuum-oscillating drying, lumber, heat pump, contact drying.

References

1. Safin R.R., Khasanshin R.R., Razumov E.Yu. *Vakuumno-konduktivnaya sushka pilomaterialov* [Vacuum-conductive drying of lumber: Monograph]; Federal agency of education, state educational institution of high school education «Kazan state technological university». Kazan, 2009.
2. Mukhametzyanov Sh.R. *Issledovaniya vakuumno-ostsilliruyushchey sushki pilomaterialov s teplovym nasosom* [Studies vacuum oscillating lumber drying with heat pump] Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Herald of Kazan state technological university]. 2013. T. 16. № 6. pp. 173-175.
3. Safin R.R. *Tekhnologicheskie rezhimy vakuumnoy sushki pilomaterialov pri konvektivnykh metodakh podvoda tepla* [Technological modes of vacuum drying of lumber with convective heat input methods] Wood industry. 2012. № 3. pp. 68-70.
4. Safin R.R. *Issledovanie vakuumno-konduktivnogo termomodifikatsionnogo drevesiny* [The study of vacuum-conductive thermomodification timber]. Wood industry. 2009. № 3. p. 24.
5. Mukhametzyanov Sh.R., Safin R.R. *Vakuumno-ostsilliruyushchaya sushka s ispol'zovaniem teplovogo nasosa* [Vacuum-oscillating drying with heat pump]. Wood industry. 2013. № 1. pp. 26-29.
6. Khasanshin R.R., Mukhametzyanov Sh.R. *Issledovanie rezhimov sushki v vakuum-ostsilliruyushchey ustanovke* [Research modes of drying in a vacuum-oscillating installation], Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Herald of Kazan state technological university]. 2011. № 6. pp. 207-210.
7. Pizhurin A.A., Rozenblit M.S. *Osnovy modelirovaniya i optimizatsii protsessov derevoobrabotki* [Fundamentals of modeling and optimization of processes woodworking]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry]. 1988. 294 p.
8. Safin R.R., Khasanshin R.R., Kaynov P.A. *Novye podkhody k sovershenstvovaniyu vakuumno-konvektivnykh tekhnologiy sushki drevesiny* [New approaches to improve the vacuum– convective drying of wood technology]. Wood industry. 2005. № 5. p. 16.
9. Safin R.R., Khasanshin R.R., Safin R.G. *Matematicheskaya model' konvektivnoy sushki kolloidnykh kapillyarno-poristykh materialov pri davlenii nizhe atmosfernogo* [A mathematical model of convective drying of colloidal capillary– porous materials at sub-atmospheric pressure] Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Herald of Kazan state technological university]. 2005. № 1. p. 266.
10. Safin R.R., Razumov E.Yu., Gerasimov M.K., Akhmetova D.A. *Issledovanie vakuumno-konduktivnogo protsessa modifikatsionnoy sushki drevesiny* [The study of vacuum– conductive process of modifying the heat treatment of wood]. Wood industry. 2009. № 3. p. 9.
11. Safin R.R., Khasanshin R.R., Galyavetdinov N.R., Valiev F.G. *Eksperimental'nye issledovaniya ostsilliruyushchey sushki drevesiny v gidrofil'nykh zhidkostyakh* [Experimental studies of oscillating drying wood in hydrophilic liquids] News of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology. 2008. T. 51 № 12. pp. 104-106.
12. Safin R.R., Khasanshin R.R., Safin R.G. *Matematicheskaya model' protsessa konvektivnoy sushki pilomaterialov v razryazhennoy srede* [A mathematical model of the process of convective drying of lumber in a rarefied environment] News of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology. 2006. № 4. pp. 64-71.
13. Bykov A.V., Kalnin' I.M., Kruze A.S. *Kholodil'nye mashiny i teplovye nasosy* [Chillers and heat pumps]. Moscow: Agropromizdat [Agroindustry publishing], 1988. 287 p.
14. Danilova G.N. *Teploobmennyye apparaty kholodil'nykh ustanovok* [Heat exchangers of chillers]. Mashinostroenie [Mechanical Engineering], 1973. 328 p.

ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА СОСНОВОГО БРУСА

А.А. КОСАРИН, доц. каф. процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств МГУЛ, канд. техн. наук,
Г.Н. КУРЫШОВ, доц. каф. процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств МГУЛ, канд. техн. наук

kosarin@mgul.ac.ru, kurishov@mgul.ac.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Сделан краткий обзор литературы по сушке хвойного бруса. Описаны особенности импульсной сушки пиломатериалов, при которой камера работает циклами, состоящими из стадии «импульс» и стадии «пауза». На стадии «импульс» происходит интенсивная сушка материала за счет более высокой температуры и более низкой степени насыщенности сушильного агента. На стадии «пауза» циркуляция сушильного агента прекращается, тепло к материалу не подводится. Температура на поверхности сортифта уменьшается, стремясь к температуре предела охлаждения. Появляется положительный градиент температуры, ускоряющий движение влаги к поверхности. Поверхностные слои пиломатериала увлажняются, что, в свою очередь, замедляет развитие сушильных напряжений. Применение импульсной сушки позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию за счет отключения циркуляционных вентиляторов на стадии «пауза». При этом продолжительность сушки сравнима с продолжительностью сушки по стандартным режимам. В статье приведен расчет технологических параметров импульсной сушки, в соответствии с которым продолжительность стадии «импульс» составила примерно 2 часа, а стадии «пауза» – приблизительно 4 часа. В учебно-опытной сушильной камере кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств МГУ леса были проведены две сушки соснового бруса сечением 100×100 мм и 5 сушек бруса 100×150 мм. В сводной таблице указаны следующие результаты: начальная и конечная влажность древесины, диапазон температуры в начале и конце сушки. Также указывается наличие и величина трещин и остаточных деформаций. Приводится общая продолжительность процесса сушки.

Ключевые слова: сосновый брус, импульсная сушка, сушка соснового бруса.

В опубликованной ранее технической литературе [1–3] приведены данные об использовании конвективных камер для сушки крупномерных пиломатериалов. При этом используются специальные режимы сушки, которые должны обеспечивать необходимое качество высушиваемого материала. Сушильные камеры весь цикл сушки работают непрерывно, а технологические параметры агента сушки (температура и степень насыщенности) устанавливаются в зависимости от толщины сортифта и его влажности.

В отечественных режимах предусмотрена сушка хвойных пиломатериалов от 75 до 100 мм. Диапазон температур для 3-ступенчатого нормального режима составляет от 55 до 75 °С, степень насыщенности сушильного агента меняется в диапазоне от 90 % до 34 % [1].

Лабораторией лесоматериалов г. Мэддисон, США для лесоматериалов толщиной более 75 мм разработан 7-ступенчатый режим с диапазоном температур от 41 °С, до 57 °С [2].

Режимы, приведенные Н.С. Селюгиным [3], для сосны толщиной 90–120 мм состоят из 7 ступеней в которых температура

меняется от 40 °С до 57 °С, а степень насыщенности – от 85 % до 40 %.

В 1993–1994 гг. на кафедре сушки и защиты древесины МГУЛ были разработаны и запатентованы импульсные режимы сушки (патент России № 2027217) [4]. С 1994 г. по 2015 г. были выполнены промышленные сушки пиломатериалов из древесины дуба, клена, ясеня, груши, бука, ореха, махагоны, мербау, ироко, эбенового дерева [5–7].

В 2014 г. начаты экспериментальные сушки бруса толщиной 100 мм из древесины сосны [13].

Особенности импульсной сушки

Импульсная сушка неоднократно рассматривалась в предыдущих публикациях [5–8] и подробно описана в работе [8]. Кратко напомним суть импульсной сушки.

Загруженный в сушильную камеру материал нагревается (начальная обработка). После прогрева последовательно проводятся циклы «импульс–пауза». На стадии «импульс» циркуляционные вентиляторы работают, теплоноситель подается в калориферы с целью поддержания заданной температуры, приточно-вытяжные

каналы приоткрыты или открыты полностью (определяется конструктивными особенностями конкретной камеры). Степень насыщенности сушильного агента на стадии «импульс» не регулируется. Стадия «импульс» характеризуется интенсивным процессом испарения влаги с поверхности материала, поскольку равновесная влажность W_p существенно ниже $W_{п.н}$. Поверхностная влажность $W_{пов}$ снижается и к концу стадии может достигать W_p . Происходит некоторое снижение влажности в центральных зонах $W_{ц}$ и соответственно средней влажности. Температура сортифта на поверхности $t_{пов}$ и в центре $t_{ц}$ возрастает и стремится к концу стадии к t_c . Следует также обратить внимание на увеличение перепада влажности в гигроскопической зоне $\Delta W = W_{пн} - W_{пов}$ и, следовательно, градиента влажности. Движущей силой процесса на стадии «импульс» является теплопроводность. Термовлагодобродность оказывает тормозящее действие на интенсивность потока. На стадии «пауза» циркуляционные вентиляторы отключаются, подача теплоносителя в теплообменники сушильной камеры прекращается. Приточно-вытяжные каналы остаются приоткрытыми. Вследствие продолжающегося процесса испарения и потерь тепла через ограждения камеры температура среды t_c постепенно понижается. Одновременно растет разность температуры между поверхностью и центром сортифта. Температура на поверхности сортифта уменьшается, стремясь к температуре предела охлаждения. Температура же центральных слоев снижается значительно медленнее. Между поверхностью и центром возникает перепад температуры $\Delta t = t_{пов} - t_{ц}$, величина которого возрастает по мере снижения влажности материала в ходе сушки. Появляется, таким образом, положительный градиент температуры, под действием которого возрастает интенсивность потока влаги к поверхности. Интенсивность же движения влаги под действием градиента влажности снижается и к моменту окончания этой стадии достигает минимума. Поскольку термоградиентный коэффициент δ в диапазоне влажности 20–60 % значительно превышает коэффициент влагодобродности (в 2–4 раза [12,]), то следует ожидать интенсивного движения влаги в период паузы, которое не только компенсирует снижение ин-

тенсивности движения за счет градиента влажности, но и может его превысить.

Таким образом, параметрами сушки на стадии «импульс» являются температура сушильного агента и продолжительность этой стадии. Параметром сушки на стадии «пауза» является лишь ее продолжительность.

Для экспериментальных сушек бруса было решено установить уровень температуры на стадии «импульс» в примерном соответствии с температурой, позволяющей сохранить природные свойства древесины и не позволить развиваться грибным поражениям.

Определение продолжительности стадии «импульс»

Степень насыщенности сушильного агента на стадии «импульс» может быть существенно ниже уровня стандартных режимов. Непрерывная сушка в такой среде с пониженной степенью насыщенности приведет к тому, что развивающиеся напряжения достигнут предела прочности и произойдет образование трещин. Следовательно, продолжительность стадии «импульс» должна быть такой, при которой напряжения не достигали бы предела прочности. Для определения продолжительности стадии «импульс» воспользуемся формулой [8]

$$\tau_{им} = \frac{x_c^2}{6,76 \cdot a'} \left(\frac{2W_n + W_{п.н} - 3W_n}{3(W_{п.н} - W_n)} \right)^2, \quad (1)$$

где a' – коэффициент влагодобродности, см²/с;

x_c – критическая глубина гигроскопической зоны, см;

$W_n, W_{п.н}, W_n$ – влажность древесины начальная, предела насыщения и поверхности соответственно, %.

Для учета внутренних напряжений использовался метод, разработанный проф. Уголевым Б.Н. [10], согласно которому доска в поперечном сечении рассматривается как многостержневая модель. Напряжения в процессе сушки в каждом (i -том) стержне характеризуются уравнением [11]

$$\sigma_i = E_i(k_y \Delta W_i - \gamma_i), \quad (2)$$

где E_i – показатель жесткости данного стержня, МПа;

k_y – коэффициент усушки;

Результаты проведенных экспериментальных сушек
The results of experimental dryers

№ сушки	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
№ режима	1			2			3
Сечение бруса, мм	100×100			100×150			
Продолжительность сушки, ч	216	312	120	144	192	336	264
Наличие трещин, мм	0	0	длина 13–70, глубина 2–3	по иницирующему пазу	по иницирующему пазу	по иницирующему пазу	длина до 400, глубина до 30
Остаточные деформации, %	1,3	0,63	0,71	1,43	0,81	1,92	1,79
Влажность начальная, %	41,1	53,7	56,6	58,8	63,5	68,9	63,0
Влажность конечная, %	12,7	5,5	17,3	8,0	9,1	11,4	17,0
Диапазон температур на стадии «импульс», °С	55–65	55–80	55–72	58–74	58–80	58–80	58–80

ΔW_i – перепад гигроскопической влажности, равный для данного стержня $W_{i,max} - W_i$ (при $W_{i,max} \leq W_{п.н.}$);

γ_i – уравнивающая деформация, т.е. такая деформация, которую должны приобрести (и приобретают) стержни для уравнивания напряжений по объему доски.

Показатель жесткости древесины E_p , МПа, при растяжении поперек волокон (тангенциальное направление), определялся в зависимости от температуры и влажности с использованием результатов анализа этого показателя, проведенного проф. Скуратовым Н.В. [9].

Расчет продолжительности стадии «импульс» был произведен по следующим входным данным: температура среды $t_c - 53$ °С, температура мокрого термометра $t_m - 40$ °С, начальная влажность $W_n - 70$ %, скорость циркуляции $\omega - 1,5$ м/с, базисная плотность $\rho_0 - 400$ кг/м³, степень насыщенности $\phi - 0,55$, толщина пиломатериала – 100 мм

$$\tau = \frac{0,25^2 \cdot 10^6}{6,76 \cdot 6,948} \left(\frac{2 \cdot 70 + 30 - 3 \cdot 9,68}{3(30 - 9,68)} \right) = 7116 \text{ сек} = 1,97 \text{ ч}$$

Определение продолжительности стадии «пауза»

Параметром режима на стадии «пауза», как отмечалось выше, является продолжительность этой стадии. Расчет этого параметра ведем следующим образом:

– определяем поверхностную влажность материала в момент окончания паузы;
– рассчитываем продолжительность $\tau_{па}$, требуемую для достижения полученной поверхностной влажности.

Величина поверхностной влажности $u_n (W_n)$ определяется по уравнению при глубине гигроскопической зоны x_r достигнутой в период стадии «импульс»

$$W_n = \frac{W_{n,n} + \frac{\alpha'}{a'_{эк}} W_p \cdot x_z}{\frac{\alpha'}{a'_{эк}} x_z + 1}, \quad (3)$$

где α' – коэффициент влагоотдачи;

$a'_{эк}$ – эквивалентный коэффициент влагопроводности, учитывающий влияние коэффициента термовлагопроводности на перенос влаги;

W_p, W_{nn} – равновесная влажность и влажность предела насыщения.

Для расчета продолжительности стадии «пауза» воспользуемся решением уравнения влагопроводности для поверхности пластины при граничных условиях III рода [8], в результате которого получаем уравнение

$$\tau = \frac{S^2}{4\mu^2 a'_{эк}} \times \ln \frac{W_n - W_p}{W_n - W_n} \times \frac{2 \sin \mu \cos \mu}{\mu + \sin \mu \cos \mu}, \quad (4)$$

где S – толщина сортимента, см;

W_n, W_p, W_{nn} – влажность древесины начальная, равновесная и поверхности соответственно;

$a'_{\text{экв}}$ – эквивалентный коэффициент влагопроводности, см²/с;

μ – корни характеристического уравнения для первого члена ряда, $\mu_1 = f(Bi')$, определяется по уравнению (при $Bi \leq 20$)
 $\mu = 0,99Bi^{0,14}$ (5)

Продолжительность стадии «пауза» рассчитанная по уравнению (4) составит

$$\tau = \frac{10^2}{4 \cdot 0,74^2 \cdot 12,7} \ln \frac{70-20,4}{70-25,5} \times \frac{2 \sin 0,74 \cos 0,74}{0,74 + \sin 0,74 \cos 0,74} = 13935 \text{ с} = 3,87 \text{ ч.}$$

По проведенным расчетам в лаборатории кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств МГУЛ провели ряд экспериментальных сушек вышеуказанных сортиментов. Две сушки были проведены с брусом сечением 100×100 мм, и пять сушек с брусом 100×150 мм.

Качество сушек оценивалось по наличию трещин и величине остаточных деформаций. Результаты проведенных экспериментальных сушек сведены в таблицу. Номер режима 1 соответствует режиму с продолжительностью стадии «импульс» – 2 ч, стадии «пауза» – 4 часа. Номер режима 2 соответствует режиму с продолжительностью стадии «импульс» – 2 ч, стадии «пауза» – 3 часа. Номер режима 3 соответствует режиму с продолжительностью стадии «импульс» – 2 ч, стадии «пауза» – 2 часа.

Предложенная методика расчета стадий «импульс» и «пауза» позволила определить продолжительность этих стадий. Это было использовано при проведении экспери-

ментальных сушек и привело к уменьшению количества трещин и снижению величины остаточных деформаций в крупномерных пиломатериалах.

Библиографический список

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 2000. – 125 с.
2. Корнилов, В. Специальные режимы сушки / В. Корнилов // Дерево.Ru. – № 4, 2006. – 66–70 с.
3. Селюгин, Н.С. Сушка древесины / Н.С. Селюгин // Голестехиздат, 1940. – 548 с.
4. Пат. № 2027127 Российской Федерация. Способ сушки пиломатериалов / Расев А.И., Курьшов Г.Н., Ляшенко С.В. / Опубл. 20.01.1995.
5. Расев, А.И. Опыт камерной сушки дубовых пиломатериалов без использования водяного пара / А.И. Расев, Г.Н. Курьшов // Деревообрабатывающая пром-ть № 1, 1997 – 10–11 с.
6. Косарин, А.А. Особенности сушки древесины эбенового дерева / А.А. Косарин // сб. науч. тр. МГУЛ. – Вып. 326.– 2005. – С. 20–25.
7. Косарин, А.А. Импульсная сушка заготовок из древесины махагоны и мербау / А.А. Косарин, Г.Н. Курьшов // сб. науч. тр. МГУЛ. – Вып. 349.– 2010. – С. 46–49.
8. Косарин, А.А. Технология импульсной сушки пиломатериалов: дисс. ... канд. тех. наук / А.А. Косарин. – М.: МГУЛ, 2012. – 164 с.
9. Скуратов, Н.В. Разработка рациональных режимов сушки пиломатериалов камерах периодического действия: дисс. ...канд. тех. наук / Н.В. Скуратов. – М.: МЛТИ, 1983. – 257 с.
10. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для вузов, 5-е изд / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2007. – 340 с.
11. Уголев, Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов // Лесная пром-сть, 1977. – 206с.
12. Шубин, Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С. Шубин // Лесная пром-сть, 1990. – 336 с.
13. Петяйкина, Е.Г. Импульсная сушка бруса хвойных пород древесины / Е.Г. Петяйкина, Г.Н. Курьшов, А.А. Косарин // сб. науч. тр. МГУЛ. – Вып. 370.– 2014. – С. 61– 66.

IMPULSE DRYING PINE TIMBER

Kosarin A.A., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D (Tech.); Kuryshev G.N., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D (Tech.)

kosarin@mgul.ac.ru, kurishov@mgul.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

A brief review of the literature on softwood lumber drying and a description of the features of impulse drying lumber, in which the camera works in cycles, comprising the steps of «impulse» and the stage of «pause», is given. The «impulse» stage comprises an intensive material drying due to the higher temperature and a lower degree of saturation of the drying agent. At the «pause» stage the circulation of the drying agent is stopped, the material is not heated. The temperature at the surface of the assortment is reduced, seeking to the temperature of the cooling limit. There is a positive temperature gradient, accelerating the movement of the moisture to the surface. Surface layers of lumber moisten, which slows the development of tension. Impulse drying can significantly reduce energy costs by shutting down the ventilation fans at the stage of «pause». The duration of such drying is comparable to the duration of drying according to the standard regims. The article shows the calculation of the impulse drying parameters in accordance to which the duration of the «impulse» stage was about 2 hours and the stage of «pause» – about 4 hours. In the scientific-experimental drying chamber of the «Processes and Devices of Woodworking Industries» Department MSFU two pine lumber blocks of 100×100 mm and 5 timber blocks of 100×150 mm dryings were conducted. The summary table shows the following results: the initial and the final moisture content, temperature range at the beginning and the end of the drying process. It also indicates the presence and size of cracks and permanent deformations. The total duration of the drying process is provided.

Keywords: pine timber; impulse drying; pine timber.

References

1. *Rukovodyashchie tekhnicheskie materialy po tekhnologii kamernoy sushki drevesiny* [Guiding technical materials technology wood drying chamber]. Arkhangel'sk: TSNIIMOD, 2000. 125 p.
2. Kornilov V. *Spetsial'nye rezhimy sushki* [Special conditions of drying] Derevo.Ru № 4, 2006. pp 66–70.
3. Selyugin N.S. *Sushka drevesiny* [Wood drying] Goslestehizdat, 1940. 548 p.
4. Rasev A.I., Kuryshov G.N., Lyashenko S.V., Pat. № 2027127 Rossiyskaya Federatsiya. *Sposob sushki pilomaterialov* [The method of drying lumber] Opubl. 20.01.1995.
5. Rasev A.I., Kuryshov G.N. *Opyt kamernoy sushki dubovykh pilomaterialov bez ispol'zovaniya vodyanogo para* [Experience oak lumber drying chamber without the use of steam] Wood processing industry. № 1, 1997 pp. 10–11.
6. Kosarin A.A. *Osobennosti sushki drevesiny ebenovogo dereva* [Features wood drying ebony] Scientific work MSFU. Vol. 326. 2005. pp. 20-25
7. Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Impul'snaya sushka zagotovok iz drevesiny makhagoni i merbau* [Impulse drying of wood mahogany and merbau] Scientific work MSFU. Vol. 349. 2010. pp. 46-49.
8. Kosarin A.A., *Tekhnologiya impul'snoy sushki pilomaterialov* [Technology impulse drying lumber]. Diss. kand. tekhn. nauk MSFU, [Diss. Ph.D(Tech)] Moscow: MSFU, 2012. 164 p.
9. Skuratov N.V. *Razrabotka ratsional'nykh rezhimov sushki pilomaterialov kamerakh periodicheskogo deystviya* [Development of rational modes of lumber drying chambers batch] *diss. kand. tekhn. nauk* [Diss. Ph.D(Tech)]. Moscow: MLTI, 1983. 257 p.
10. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya: uchebnyy dlya vuzov* [Wood from the forest-based merchandising: a textbook for high schools] Moscow: MSFU, 2007. 340 p.
11. Ugolev B.N., Lapshin Yu.G., Krotov E.V. *Kontrol' napryazheniy pri sushke drevesiny* [Voltage control when drying] Forest industry. 1977. 206 p.
12. Shubin G.S. *Sushka i teplovaya obrabotka drevesiny* [Drying and heat treatment of wood]. Forest industry. 1990. 336 p.
13. Petyaykina E.G., Kuryshov G.N., Kosarin A.A. *Impul'snaya sushka brusa khvoynykh porod drevesiny* [Impulse drying softwood lumber]. Scientific work MSFU. Vol. 370. 2014. pp. 61-66.

СТРУКТУРА ХВОЙНОЙ БЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Л.А. АЛЕШИНА, доц. каф. физики твердого тела ПетрГУ, канд. физ.-мат. наук,
А.А. МИХАЙЛИНА, магистрант каф. физики твердого тела ПетрГУ,
Л.А. ЛУГОВСКАЯ, доц. каф. физики твердого тела ПетрГУ, канд. физ.-мат. наук

liubov_l@mail.ru

Петрозаводский государственный университет, кафедра физики твердого тела
Россия, 185014, г. Петрозаводск, пр. Ленина 33.

Исследуются структурные особенности исходной сульфатной хвойной беленой целлюлозы, микрокристаллической целлюлозы, полученной гидролизом исходного образца, мерсеризованной исходной целлюлозы и мерсеризованной целлюлозы, модифицированной бромистым этилом в среде бензола методами рентгенографического анализа и компьютерного моделирования. Для исходной, микрокристаллической и мерсеризованной целлюлоз рассчитаны и проанализированы характеристики надмолекулярной структуры: размеры кристаллитов (областей когерентного рассеяния) и степень кристалличности. Применение метода полнопрофильного анализа рентгенограмм поликристаллов к анализу рентгенограмм целлюлоз позволило определить характеристики атомной структуры: тип элементарной ячейки и характер взаимного расположения в ней целлюлозных остатков, уточнить значения периодов элементарной ячейки и угла моноклинности указанных объектов. В результате обработки хвойной сульфатной беленой мерсеризованной целлюлозы бромистым этилом в среде бензола образуется этилцеллюлоза. Рентгенографический эксперимент показал, что полученная таким способом этилцеллюлоза аморфна. Анализ структурного состояния этилцеллюлозы был выполнен методом Финбака-Уоррена: из рентгеновской дифракционной картины были рассчитаны кривые распределения парных функций, характеризующие распределение электронной плотности материала, из которых методом сингулярного разложения рассчитывались характеристики ближнего упорядочения (радиусы и размытия координационных сфер и координационные числа). Для установления пространственной конфигурации атомов в области ближнего упорядочения в программе HyperChem8 была построена модель молекулы этилцеллюлозы с содержанием этоксильных групп C₂H₅, равным 14,5 %. С результатами рентгенографического эксперимента сравнивались рассчитанные для модели кривые распределения интерференционной функции, функции радиального распределения атомов, значения радиусов координационных сфер и координационные числа. Наилучшее согласие достигнуто для цепочки этилцеллюлозы, содержащей 70 глюкозных остатков.

Ключевые слова: целлюлоза сульфатная, этилцеллюлоза, рентгеноструктурный анализ, полнопрофильный анализ, метод Финбака-Уоррена, ближний порядок, моделирование, атомно-молекулярные конфигурации.

Целлюлоза является природной полимерной основой широкого спектра производимых и используемых в настоящее время материалов народнохозяйственного значения. Высокая практическая ценность

целлюлозы и ее производных определяет необходимость исследования структурных особенностей макромолекул в процессе их химической и физической модификации. На данный момент основной задачей научных

исследований является создание материалов, сохраняющих специфически ценные свойства целлюлозы, приобретаемые ею в процессе синтеза в природе, и обладающих новыми ценными свойствами, которых нет у обычной целлюлозы [1]. Изучение их структурного состояния и связи между структурой и свойствами позволит оптимизировать условия проведения процессов химической переработки целлюлозы и разработать технологии, позволяющие изменить в желаемом направлении физико-химические и механические свойства получаемых продуктов. Одной из возможностей прогнозирования влияния модификации целлюлоз на их структурное состояние и, следовательно, на ценные свойства является проведение исследований атомно-молекулярного строения целлюлозы методами рентгенографического анализа в сочетании с моделированием расположения атомов в области ближнего упорядочения некристаллической составляющей.

Целью данной работы было исследование структурных особенностей сульфатной хвойной беленой целлюлозы в различных состояниях, а также изучение влияния модификации бромистым этилом на структуру мерсеризованной целлюлозы методами рентгенографического анализа и компьютерного моделирования.

Объектами исследования являлись: исходная хвойная сульфатная беленой целлюлоза; микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ), полученная гидролизом исходной; целлюлоза, полученная мерсеризацией исходной в 18 %-м растворе гидроксида натрия; модифицированная целлюлоза, полученная модификацией мерсеризованной бромистым этилом в среде бензола. В последнем случае полученный таким образом материал называется этилцеллюлозой (ЭЦ) и имеет состав $C_6O_5H_{10} + 14,5\%OC_2H_5$ -групп.

Образцы для исследований предоставлены Институтом химии Коми НИЦ УрО ОАН, лабораторией химии растительных полимеров.

Рентгенографические исследования проводились в двух геометриях – на просвет

и на отражение. Рентгенограммы получали на дифрактометре ДРОН-6.0 на Fe и MoK_{α} излучениях. Использовался автоматический метод регистрации распределения интенсивности рассеяния с постоянным шагом по углу рассеяния 2θ .

Надмолекулярную структуру природной целлюлозы рассматривают как двухфазную систему с кристаллическими и некристаллическими областями. Качественный фазовый анализ кристаллической составляющей проводили путем сравнения профилей рентгенограмм, полученных в эксперименте, с профилями рентгенограмм, теоретически рассчитанных по литературным данным об атомном строении целлюлоз [2, 3]. Для расчета теоретических рентгенограмм использовали программу Mercury [4].

Затем методом полнопрофильного анализа рентгенограмм поликристаллов было установлено, что для образцов исходной и микрокристаллической целлюлоз характерна модель целлюлозы I β с антипараллельной упаковкой молекул. В процессе обработки целлюлозы I β концентрированным водным раствором щелочи (процесс мерсеризации) происходит переход в кристаллическую фазу целлюлозы II с антипараллельным расположением молекул.

Для исходной, микрокристаллической и мерсеризованной беленой целлюлоз были рассчитаны и проанализированы характеристики надмолекулярной структуры: размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) и степень кристалличности (СК).

Для оценки размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) использовалась формула Шеррера [5]

$$D_{hkl} = k \lambda / \beta_{hkl} \cos \theta_{hkl}$$

где D_{hkl} – размер ОКР,

k – константа, зависящая от формы кристалла,

λ – длина волны рентгеновского излучения,

β_{hkl} – физическое (обусловленное мозаичной структурой) уширение линии,

θ_{hkl} – брэгговский угол.

Степень кристалличности рассчитывали по интегральной интенсивности рас-

сеяния как отношение суммарной площади под брэгговскими линиями (S_k) к общей площади под кривой рассеяния за вычетом фона

$$CK = S_k / (S_k + S_a)$$

где S_a – площадь, ограниченная кривой рассеяния аморфной составляющей образца [5].

Было получено, что степень кристалличности МКЦ (78 %) выше, чем у исходной хвойной целлюлозы (71 %). Расчет ОКР из ширины отражения (200) позволяет определить величину поперечного сечения элементарной фибриллы целлюлозы. Для образца исходной целлюлозы эта величина составляет 40–48 Å, что соответствует примерно четырем–пяти периодам элементарной ячейки. Для образца МКЦ соответствующая толщина элементарной фибриллы составляет 52–64 Å, что соответствует пяти–шести периодам a элементарной ячейки.

Размеры ОКР, рассчитанные из ширины отражения (004), определяют длину элементарной фибриллы в направлении оси волокна. Длина элементарной фибриллы образца исходной целлюлозы составляет 54–65 Å, что соответствует пяти–шести периодам элементарной ячейки. Для образца МКЦ длина элементарной фибриллы находится в пределах от 63 до 64 Å, что соответствует шести периодам c элементарной ячейки.

Для уточнения периодов кристаллической решетки немодифицированных целлюлоз и выбора модели атомного строения использовался метод полнопрофильного анализа рентгенограмм поликристаллов, реализованный в программе «Метод Ритвельда» программного комплекса PDWin – 4.0 НПО «Буревестник» [6].

Метод полнопрофильного анализа показал, что атомная структура как исходной хвойной целлюлозы, так и МКЦ, описывается антипараллельной моделью строения целлюлозы Iβ. Уточненные значения периодов элементарной ячейки a , b , c и угла моноклинности γ составили: $a = 8,17 \text{ \AA}$, $b = 7,91 \text{ \AA}$, $c = 10,34 \text{ \AA}$, $\gamma = 96,0^\circ$ для исходной целлюлозы и $a = 8,14 \text{ \AA}$; $b = 7,94 \text{ \AA}$; $c = 10,35 \text{ \AA}$; $\gamma = 95,8^\circ$ для МКЦ. Мерсеризованной целлюлозе соответствует модель целлюлозы II с уточненными периодами элементарной ячейки: $a = 8,11 \text{ \AA}$; $b = 9,19 \text{ \AA}$; $c = 10,34 \text{ \AA}$; $\gamma = 117,7^\circ$. Фазовый переход целлюлозы Iβ в целлюлозу II прошел полностью, что согласуется с литературными данными [2]. Возрастание угла моноклинности γ и периода b элементарной ячейки мерсеризованной целлюлозы связано с тем, что при фазовом переходе целлюлозы Iβ в целлюлозу II происходит изменение взаимной ориентации центральной и угловой цепочек относительно друг друга: одна цепочка относительно другой поворачивается вокруг оси c на угол порядка 22° .

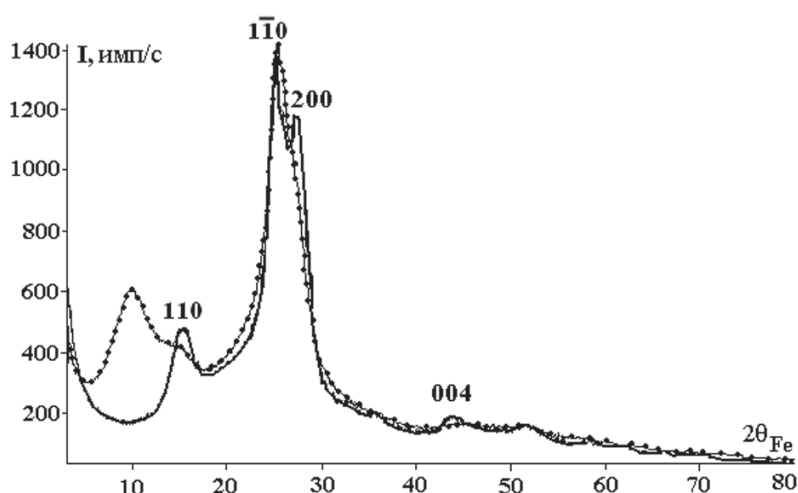


Рис. 1. Рентгенограммы мерсеризованных хвойных беленых целлюлоз: исходной (—) и модифицированной бромистым этилом в среде бензола (—•—•—).

Fig. 1. Radiographs of the mercerized softwood bleached pulps: original (—) and modified ethyl bromide in benzene (—•—•—)

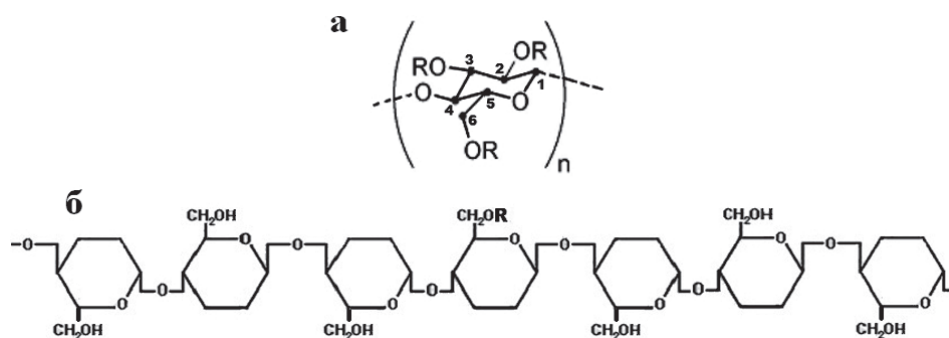


Рис. 2. а) Структурная формула ЭЦ, где $R = C_2H_5$ или $R = H$ [9], б) структурная формула ЭЦ в случае 14,5 % OC_2H_5 -групп. Где $R = C_2H_5$
 Fig. 2. а) ЭЦ structural formula wherein $R = C_2H_5$ and $R = H$ [9], б) the structural formula in the case of ЭЦ = 14,5% OC_2H_5 groups. Where $R = C_2H_5$

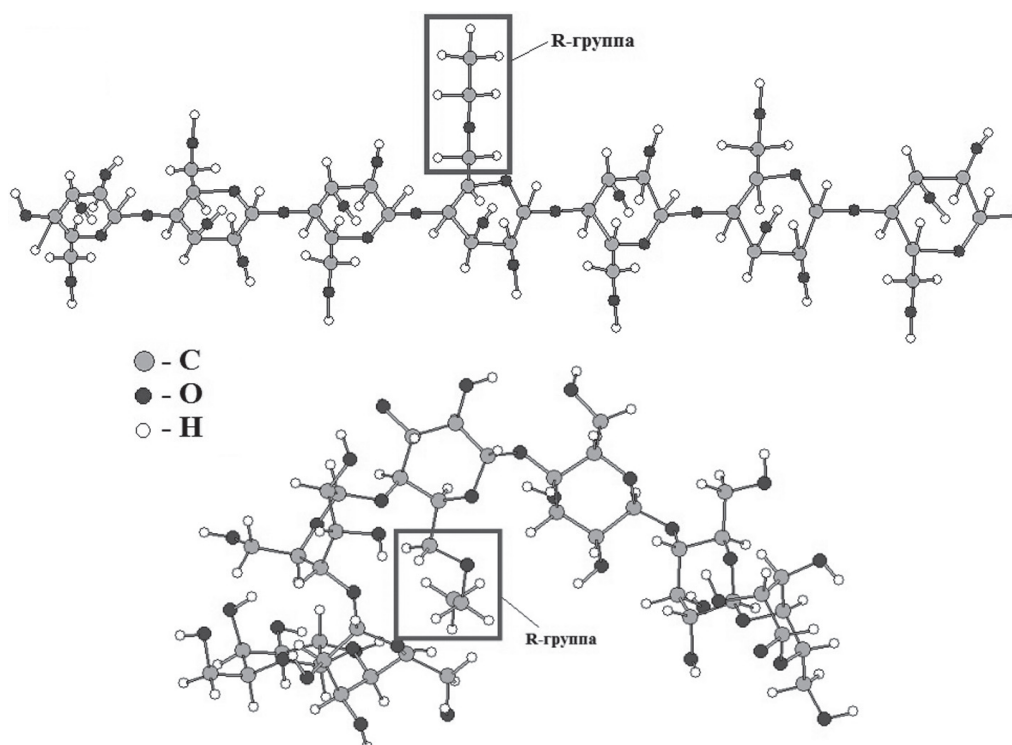


Рис. 3. Модель молекулы ЭЦ (содержащей 14,5 % этоксильных групп) до и после минимизации энергии
 Fig. 3. Model of EC molecula (containing 14,5% of ethoxyl) before and after energy minimization

В процессе модификации мерсеризованной целлюлозы этилбромидом в макромолекуле целлюлозы II гидроксильные группы замещаются на этоксильные OC_2H_5 -группы. В зависимости от условий реакций замещаться могут от одной OH-группы, чаще при C_6 -атоме целлюлозы, до трех OH-групп (дополнительно при C_2 и C_3).

На рис. 1 представлены рентгенограммы исходной и модифицированной хвойной беленой мерсеризованной целлюлозы. После модификации бромистым этилом в среде бензола рентгенограмма изменяется: на мес-

те максимумов (110) и (020) остаются только перегибы, но появляется диффузный максимум при $2\theta_{Fe} \sim 10^\circ$. Таким образом, модификация хвойной мерсеризованной целлюлозы бромистым этилом в среде бензола приводит к образованию нового аморфного продукта.

Методом Финбака–Уоррена для модифицированной целлюлозы из кривых рассеяния, снятых на MoK_α -излучении в геометрии на прохождение, были рассчитаны кривые распределения s – взвешенной интерференционной функции $H(s)$ и парных функций $D(r)$ [7]. Из функций $D(r)$ определили

радиусы координационных сфер и методом наименьших квадратов (МНК) рассчитали координационные числа и получили одномерную информацию о структуре этилцеллюлозы.

Для установления пространственного расположения атомов в области ближнего упорядочения в программе HyperChem-8 [8] были построены модели молекулы модифицированной целлюлозы. Согласно структурной формуле этилцеллюлозы [9] (рис. 2а), на первом этапе моделирования была построена цепочка из семи глюкозных остатков ($C_6O_5H_{10}$), к которой в соответствии с процентным содержанием (14,5%) были пристроены R -группы, где $R = C_2H_5$ (рис 2б).

На рис. 3 представлена модель молекулы ЭЦ, построенная в программе HyperChem до минимизации и после минимизации энергии методом сопряженных градиентов (метод Полака-Рибьера). После минимизации энер-

гии глюкозный остаток принимает характерную для целлюлозы конформацию «кресло».

Построенная модель цепочки ЭЦ была последовательно увеличена в 2, 4, 8 и 10 раз.

Для сравнения с экспериментом для полученных моделей находились функции $H(s)$ и $D(r)$. Однако в силу ограниченного объема модели значение средней электронной плотности $\rho_{эл}$ модели ниже, чем реального объекта. Кроме того, экспериментальная кривая $D(r)$ осциллирует около прямой $D_0(r)=2\pi^2\rho_{эл}\sum_{j=1}^M z_j$, а $D^{мод}(r)$, рассчитанная для модели, осциллирует около параболической функции $D^{мод}_0(r)$. Это следствие зависимости $\rho_{эл}$ модели от расстояния r : $\rho_{эл}$ модели уменьшается от центра к границе модели. Исключить влияние размера модели на положения максимумов, определяющих значения радиусов координационных сфер и их высоту, можно, анализируя вместо $D(r)$ функции радиального распределения атомов $W(r)$ для модели

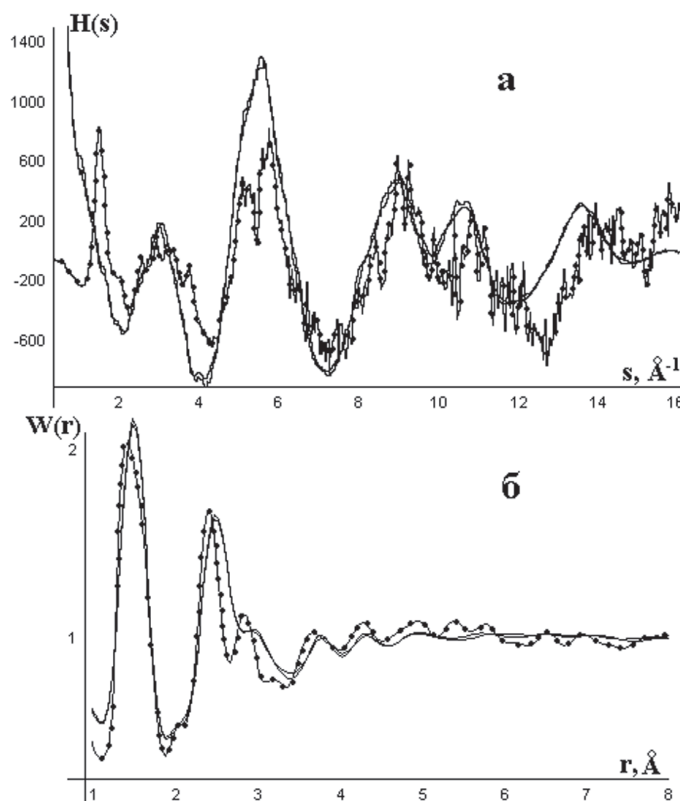


Рис. 4. Рассчитанные для исследованного образца ЭЦ (—●—●—), для начальной модели из 7 глюкозных остатков и модели увеличенной в 10 раз (из 70 глюкозных остатков) (—) : а) интерференционные функции $H(s)$; б) кривые радиального распределения атомов $W(r)$

Fig. 4. ЭЦ calculated for the sample studied (—●—●—), for the initial model of 7 glucose units and models increased by 10 times (out of 70 glucose units) (—): а) interference functions $H(s)$; б) curves of atomic radial distribution $W(r)$

Радиусы координационных сфер и координационные числа для целлюлозы II и рассчитанные для модифицированной целлюлозы (сравнение эксперимента и моделей)
The radii of the coordination spheres and coordination numbers for cellulose II and calculated for the modified cellulose (comparison of the experiment and models)

Пары атомов	Эксперимент (МоК α -излучение, просвет)		Целлюлоза II		Модель из 7 глюкозных остатков		Модель из 70 глюкозных остатков	
	r_{ij} , Å	N_{ij} , ат	$\langle r_{i-j} \rangle$, Å	N_{ij} , ат	r_{ij} , Å	N_{ij} , ат	r_{ij} , Å	N_{ij} , ат
C–C(1) C–O(1)	1,48	3,22	1,48	3,22	1,55	1,49	1,49	1,67
O–O(1) C–O(2) C–C(2)	2,30	0,72	2,41	3,92	2,43	0,87	2,40	1,01
O–O(2) C–C(3)	2,61	3,77	2,86	6,16	2,46	1,75	2,48	1,92
C–O(3)	3,05	1,39	2,96	1,41	3,05	1,62	3,01	1,25

и эксперимента. Функции $W(r)$ для модели и эксперимента рассчитывались как отношение $D(r)$ к $D_0(r)$.

На рис. 4 сравниваются кривые $H(s)$ и $W(r)$, рассчитанные из эксперимента, и таковые для начальной модели и модели, увеличенной в 10 раз. В области от 2 до 12 \AA^{-1} максимумы кривой $H(s)$, рассчитанной для модели, совпадают по положениям с соответствующими максимумами на экспериментальной кривой $H(s)$. Увеличение длины цепочки в 10 раз приводит к улучшению совпадения $H(s)$ образца и модели всего на несколько процентов. В области первого максимума, наблюдающегося на экспериментальной кривой $H(s)$, на кривой $H(s)$, рассчитанной для модели, имеется перегиб, увеличивающийся с возрастанием длины и зигзагообразности цепочки, но незначительно.

Максимумы на кривых радиального распределения атомов $W(r)$ для модели ЭЦ сдвинуты в сторону больших углов по сравнению с таковыми на экспериментальной кривой $W(r)$ (рис. 4). Положение первого максимума на $W(r)$ для образца ЭЦ близко к значению, рассчитанному для целлюлозы II.

Для моделей ЭЦ были рассчитаны радиусы координационных сфер и координационные числа. Результаты расчета и аналогичные данные, полученные из эксперимента, представлены в таблице в сравнении с соответствующими расчетами, выполненными для кристаллической целлюлозы II.

В таблице в столбце «пары атомов» первым стоит атом, находящийся в центре координационной сферы, вторым – атомы, находящиеся на координационной сфере.

В многокомпонентных материалах зачастую одни и те же по величине межатомные расстояния могут быть между атомами разных сортов. В этих случаях МНК не позволяет рассчитать из экспериментальных кривых $D(r)$ координационные числа отдельно для каждой сферы, то есть считается суммарное координационное число для выбранного сорта пар атомов.

При сравнении экспериментальных данных с соответствующими величинами для кристаллов в этой ситуации приходится для последних рассчитывать значения радиусов координационных сфер и координационных чисел, объединяя сферы разного сорта. В случае, когда объединяются сферы, состоящие из пар атомов разного сорта ($i, j; i1, j1$), координационные числа для кристаллов необходимо пересчитывать согласно соотношению

$$N_{ij}' = N_{i1j1} \cdot \frac{Z_{i1}Z_{j1}}{Z_iZ_j},$$

вытекающему из равенства площадей под максимумами кривых распределения парных функций [10]. Рассмотрим конкретный пример – 1-я сфера в таблице. В кристалле целлюлозы II близкие расстояния имеют два сорта пар атомов C–C(1) – $1,54 \text{ \AA}$ и C–O(1) – $1,41 \text{ \AA}$. Это означает, что площадь под соответствующим максимумом кривой $D(r)$ ($S_{\text{гэксп}}$)

равна сумме вкладов пар атомов С-О(1) и пар атомов С-С(1): $S_{\text{гексп}} = \pi(N_{\text{C-O}}Z_{\text{C}}Z_{\text{O}} + N_{\text{C-C}}Z_{\text{C}}Z_{\text{C}})$. Здесь $N_{\text{C-O}}$ и $N_{\text{C-C}}$ – значения чисел атомов кислорода и углерода на сферах с межатомными расстояниями С-О(1) и С-С(1) соответственно. Z – атомные номера соответствующих элементов. Пусть при нахождении МНК координационных чисел из $D(r)$, рассчитанного из эксперимента, задается только одно значение радиуса координационной сферы, причем для конкретного (в данном случае С-С) типа пар атомов. В этом случае второе слагаемое выражения для $S_{\text{гексп}}$ необходимо записать в виде $N'_{\text{C-C}}Z_{\text{C}}Z_{\text{C}}$ и найти $N'_{\text{C-C}}$ из условия, что $N'_{\text{C-O}}Z_{\text{C}}Z_{\text{O}} = N'_{\text{C-C}}Z_{\text{C}}Z_{\text{C}}$.

Тогда для кристаллов к координационному числу сферы С-С(1) ($N_{\text{C-C}}=1,67$) добавляется еще одно слагаемое $N'_{\text{C-C}}$.

Значение радиуса соответствующей сферы С-С(1) рассчитывается как средневесовое: $\langle r_{\text{C-C}} \rangle = (N'_{\text{C-C}}r_{\text{co}} + N'_{\text{C-C}}r_{\text{cc}} + \dots) / (N_{\text{C-C}}^{\text{сум}})$. Суммарное координационное число $N_{ij}^{\text{сум}}$ и средневесовое значение радиуса соответствующей сферы становятся равными значениям, указанным в таблице для пар атомов, выделенных жирным шрифтом.

Из результатов, представленных в таблице для образца и модели ЭЦ, видно, что значения расстояний С-О(2) и С-О(3), рассчитанные из эксперимента, ниже, чем для целлюлозы II и обеих моделей. Разница со значениями, рассчитанными для целлюлозы II, составляет 0,09 и 0,06 Å для первой и второй сфер соответственно. Кратчайшее расстояние С-С(1) для образца ЭЦ практически совпадает со значениями, рассчитанными для целлюлозы II и модели, состоящей из 70 глюкозных остатков. Расстояние С-С(3) выше соответствующих значений, рассчитанных для целлюлозы II и моделей на 0,14; 0,15 и 0,13 Å соответственно.

Суммарное координационное число для первых координационных сфер С-С(1) и С-О(1) модели занижено по сравнению с экспериментом, а результат эксперимента совпадает с данными для целлюлозы II. Суммарные координационные числа для координационных сфер С-О(2), С-С(2) и О-О(1) модели и эксперимента находятся в хорошем согласии,

но занижены в несколько раз по сравнению с данными для целлюлозы II. Суммарное координационное число для сфер С-С(3) и О-О(2), рассчитанное из эксперимента, примерно вдвое ниже соответствующего значения для целлюлозы II и вдвое выше соответствующих данных для модели. Координационное число для сферы С-О(3) достаточно хорошо согласуется с данными для целлюлозы II и моделей.

Таким образом, показано, что для образцов исходной и микрокристаллической хвойной бленной сульфатной целлюлозы характерна модель целлюлозы Iβ с антипараллельной упаковкой молекул. Переход в МКЦ состояние сопровождается возрастанием СК и увеличением длины и толщины элементарных фибрилл. В процессе мерсеризации происходит переход целлюлозы из кристаллической фазы, соответствующей целлюлозе I в кристаллическую фазу целлюлозы II с антипараллельным расположением молекул. Обработка хвойной сульфатной бленной мерсеризованной целлюлозы бромистым этилом в среде бензола приводит к образованию аморфного продукта. В программе HyperChem-8 построена модель этилцеллюлозы с содержанием R-групп, равным 14,5 % и показано, что значения кратчайших межатомных расстояний, рассчитанные для модели, совпадают с экспериментальными значениями, но наблюдается заметное различие в координационных числах. Установлено, что в дальнейшем для построения варианта модели, при котором на $H(s)$ будет выявляться первый максимум, целесообразнее увеличить ее объем, не увеличивая длину цепочек.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012 – 2016 годы.

Библиографический список

1. Роговин, З.А. Химия целлюлозы : научное издание / З.А. Роговин. – Москва: Химия, 1972. – 519 с.
2. Алешина, Л.А. Современные представления о строении целлюлоз: обзор / Л.А. Алешина, С.В. Глазкова, Л.А. Луговская, М.В. Подойникова, Е.В. Силина // Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – С. 5–36.
3. French, A. D. Comparisons of structures proposed for cellulose / A. D. French, P.S. Howley // Cellulose and Wood.

- Chemistry and Technology. – New York: Interscience, 1989. – P. 159 – 167.
- Macrae, C. F. CSD 2.0 – New Features for the Visualization and Investigation of Crystal Structures / C. F. Macrae, I. J. Bruno, J. A. Chisholm, P. R. Edgington, P. McCabe, E. Pidcock, L. Rodrigez-Monge, R. Taylor, J. van de Streek, P. A. Wood // J. Appl. Cryst. – 2008. – V. 41. – P. 466 – 470.
 - Петрова, В.В. Рентгенография целлюлоз: научное издание / В.В. Петрова – Петрозаводск: ПетрГУ, 1994. – 40 с.
 - Программа «Метод Ритвельда» № 2006610292 от 27.03.2006 // Программный комплекс PDWin – 4.0. НПО «Буревестник». СПб. – 2004. – 24 с.
 - Рентгенографические исследования беленых целлюлоз различного происхождения / А.А. Михайлина // Материалы 19-й Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых : тез. докл. / АСФ России. – Архангельск, 2013. – С. 123–124.
 - Резников, А.А.. Математическое моделирование структуры соединений с помощью пакета программ HyperChem 7.5 : учеб.-методич. пособие. / А.А. Резников, В.А. Шапошников. – Воронеж: ВГУ, 2006. – 43 с.
 - Гальбрайт, Л. С. Целлюлоза и ее производные // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 11. – С. 47–53.
 - Мелех, Н.В. Рентгенографические исследования структуры целлюлоз и лигнинов различного происхождения : дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.07/ Н.В. Мелех. – Петрозаводск, 2008. – 166 с.

STRUCTURE OF THE CONIFEROUS BLEACHED CELLULOSE IN THE DIFFERENT STATES

Aleshina L.A., Assoc. Prof. PetrSU, Ph.D (Phys. and Math.); **Mikhailina A.A.**, Undergraduate PetrSU; **Lugovskaya L.A.**, Assoc. Prof. PetrSU, Ph.D (Phys. and Math.)

liubov_l@mail.ru

Petrozavodsk State University, 33, Lenin Str., 185910, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia
Petrozavodsk State University, Russia, 185014, Petrozavodsk, pr. Lenina, 33

The structural features of the initial sulphatic coniferous bleached cellulose, the microcrystalline cellulose obtained by hydrolysis of the initial sample, mercerized initial cellulose and mercerized cellulose modified by bromic ethyl in benzol medium by X-ray diffraction and computer simulation methods have been studied. The characteristics of the supramolecular structure (crystallite sizes (coherent scattering regions) and crystallinity degree) have been calculated and analysed for initial, microcrystalline and mercerized celluloses. The implementation of the Rietveld method to the analysis of cellulose x-ray patterns has allowed to define the atomic structure characteristics (the unit cell type and cellobiose residues packing) and to specify values of the unit cell periods and monoclinic angle for these objects. Ethylcellulose is formed as a result of the processing of the coniferous sulphatic bleached mercerized cellulose by bromic ethyl in the benzol medium. The X-ray diffraction studies have shown that this ethylcellulose is amorphous. The analysis of a structural condition of the ethylcellulose has been carried out by the Finback-Warren method. The atomic pair distribution functions have been calculated based on the x-ray diffraction patterns. The characteristics of a short-range order (radii and dispersions of coordination spheres and coordination numbers) are calculated based on these functions by a singular value decomposition method. The ethylcellulose molecule model is constructed by the HyperChem8 program in order to establish the spatial arrangement of atoms in the short-range order. The content of ethoxy C_2H_5 groups in the model was equal to 14.5 %. The atomic pair distribution functions, the radii of coordination spheres and coordination numbers calculated for models have been compared to the X-ray study results. The best agreement has been achieved for the model of an ethyl cellulose chain which contains 70 glucose residues.

Key words: sulphatic cellulose, ethylcellulose, Rietveld method, Finback-Warren method, short-range order, computer simulation, molecular configurations.

References

- Rogovin Z.A. *Khimiya tsellyulozy* [Chemistry of cellulose]. Moscow: Khimiya Publ., 1972, 519 p.
- Aleshina L.A., Glazkova S.V., Lugovskaya L.A., Podoynikova M.V., Silina E.V. *Sovremennye predstavleniya o stroenii tsellyuloz* [Modern representations about cellulose structure]. *Khimiya rastitel'noy syr'ya*. [Chemistry of plant raw material], 2001, no.1, pp. 5-36.
- French A. D., Howley P.S. Comparisons of structures proposed for cellulose// *Cellulose and Wood. Chemistry and Technology*. New York: Interscience, 1989, pp. 159-167.
- Macrae C. F., Bruno I. J., Chisholm J. A., Edgington P. R., McCabe P., Pidcock E., Rodrigez-Monge L., Taylor R., J. van de Streek, Wood P. A. CSD 2.0. New Features for the Visualization and Investigation of Crystal Structures. *J. Appl. Cryst.*, 2008, v. 41, pp. 466-470.
- Petrova V.V. *Rentgenografiya tsellyuloz* [X-ray diffraction study of cellulose], Petrozavodsk: PetrGU Publ., 1994, 40 p.
- Programma «Metod Ritvel'da» № 2006610292 ot 27.03.2006* [Rietveld method programm] *Programmnyy kompleks PDWin – 4.0. NPO «Burevestnik»*. SPb, 2004, 24 p.
- Mikhailina A.A. *Rentgenograficheskie issledovaniya belenykh tsellyuloz razlichnogo proiskhozhdeniya* [X-ray diffraction study of bleached cellulose of various origin]. *Materialy 19-y Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii studentov-fizikov i molodykh uchennykh* [Proc. 19th All-Russian scientific conference of students-physicists and young scientists]. Arkhangelsk, 2013, pp. 123-124.
- Reznikov A.A., Shaposhnikov V.A. *Matematicheskoe modelirovanie struktury soedineniy s pomoshch'yu paketa programm HyperChem 7.5* [Mathematical simulation of compound structures using HyperChem-7.5 software package]. Voronezh: VGU Publ., 2006, 43 p.
- Gal'braykh L. S. *Tsellyuloza i ee proizvodnye* [Cellulose and its derivatives]. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal* [Soros educational journal], 1996, no.11, pp. 47-53.
- Melekh N.V. *Rentgenograficheskie issledovaniya struktury tsellyuloz i ligninov razlichnogo proiskhozhdeniya. Diss. kand. fiz.-mat. nauk* [X-ray diffraction studies of structure of cellulose and lignines of various origin. Ph.D. thesis]. Petrozavodsk, 2008. 166 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ
МАРШРУТИЗАЦИИ (AQM) В ETHERNET

М.П. ТУМАНОВ, профессор МИЭМ НИУ ВШЭ, канд. техн. наук,
С.Р. АБДУЛЛИН, доц. каф. высшей математики МГУЛ

miketum@yandex.ru, mai-sal@yandex.ru

Московский институт электроники и математики Высшей школы экономики,
123458, Москва, ул. Таллинская, д. 34
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Алгоритмы управления очередями маршрутизаторов – современная и актуальная задача, возникающая при построении информационных систем. В работах [1–13] рассмотрены основные современные подходы управления маршрутизацией. Построены модели в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений с переменным запаздыванием. Исследованы общие свойства этих моделей и соответствующих решений дифференциальных уравнений. Выбор параметров буферирования может существенно повлиять не только на быстродействие канала связи, но и на другие параметры передачи, среди которых очень важным является стабильность скорости. В распределённых системах автоматического управления, в частности, это приводит к потере устойчивости контура управления и/или существенному ухудшению показателей качества регулирования управления. В практических случаях часто наблюдаются периодические колебания скорости передачи данных, которые недостаточно исследованы, но существенно влияют на работу распределённой системы. Не все вопросы исследованы в достаточной степени, особенно применительно к распределённым системам автоматики и управления, где стоит задача не только доставки информации, но и жёсткой временной синхронизации. В этом контексте особый интерес представляют случаи, когда возникают режимы периодически меняющегося в широких пределах запаздывания при передаче данных. С математической точки зрения имеется система нелинейных дифференциальных уравнений с переменным запаздыванием частного вида периодически меняющимся. В общем случае эта теория недостаточно развита, в статье промоделированы некоторые частные случаи. Именно эта тема рассмотрена в нашей статье, в которой показано, что режим периодически меняющегося запаздывания естественно возникает в таких системах.

Ключевые слова: система с запаздыванием, переменное запаздывание, сетевой маршрутизатор, IP-пакет, Fluid-based модель RED.

Запаздывание в сети Ethernet

Основной особенностью систем управления с наличием сетевого компонента Ethernet является то, что этот компонент вносит дополнительное запаздывание, влияющее на качество переходных процессов. Таким образом, эти системы являются системами с запаздыванием. Классы сетевого QoS, задающие ограничения для значений рабочих характеристик сети, приведены в таблице [1].

Таким образом, не гарантируется время задержки менее 0,1 с в сети Ethernet даже в рамках использования сервиса QoS. Такое реальное положение дел, и оно означает, что при наличии сетевой компоненты трудно управлять объектом с характерной постоянной времени $\sim 0,1$ с и менее.

Известны общепринятые методы борьбы с запаздыванием, в рассматриваемом случае эффективнее всего оказывается метод буферирования, но он приводит к увеличению постоянного запаздывания. К сожалению, известные методы адаптации

не учитывают эффект резонанса, который может возникать при периодически меняющемся запаздывании.

В [2] было показано, что переменное периодическое запаздывание может приводить к явлению резонанса, при котором замкнутая система становится неустойчивой, даже если она устойчива при любом постоянном запаздывании. С другой стороны, показано, что использование модели запаздывания, даже не очень точной, обычно позволяет существенно улучшить динамику САУ. Таким образом, встаёт задача оценки переменного запаздывания в реальном времени, возможно, даже и с не очень высокой точностью. Сетевые сервисы времени и часы реального времени компьютеров тут малопригодны в силу своей низкой точности и надёжности.

В реальных системах автоматического управления с сетевой компонентой такие запаздывания различного уровня возникают регулярно. Это связано с особенностями функционирования протокола TCP/IP при прохож-

Классы сетевого QoS
Network QoS classes

Характеристики доставки IP-пакетов	Классы качества передачи информационных потоков QoS (ITU-T Recommendation Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. 2006)					
	0	1	2	3	4	5
Задержка доставки IP-пакета – IPTD	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1000 мс	Не опр.
Вариация задержки доставки IP-пакета – IPDV	50 мс	50 мс	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Доля потерянных IP-пакетов – IPLR	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	Не опр.
Доля переданных с ошибкой IP-пакетов – IPER	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	Не опр.

дении сетевых пакетов через маршрутизаторы. Эти запаздывания исследованы недостаточно.

Их исследование необходимо для создания алгоритмов идентификации запаздывания и адаптации к запаздыванию.

Моделирование переменного запаздывания в среде Matlab проведено с использованием математических моделей RED как наиболее распространённых в настоящее время. Они позволяют естественным феноменологическим образом описать все процессы, происходящие при маршрутизации протокола TCP/IP.

Ниже приведена известная ([3], Fluid-based модель RED) система дифференциальных уравнений, описывающая динамику очередей сетевого маршрутизатора. Задержки передачи связаны с величинами очередей и интенсивностями потери пакетов. Система нелинейная и с запаздыванием.

$$\frac{dW}{dt} = C - \frac{1}{2} W(t) \frac{W(t - R(t))}{p - R(t)}, \quad (1)$$

$$dq(t) / dt = W(t)N(t)/R(t) - C, \quad (2)$$

где $W(t)$ – ожидаемый размер окна TCP (пакетов),

$q(t)$ – ожидаемая длина очереди (пакетов),

$R(t)$ – время возврата подтверждения:
 $R(t) = q(t)/C + Td$,

C – пропускная способность канала (пакетов/с),

Td – задержка (в общем случае, случайная) передачи пакета (с),

$N(t)$ – фактор нагрузки (число одновременных TCP сессий),

$p(q(t))$ – управляющий фактор, вид функции определяется используемой маршрутизатором дисциплиной обслуживания очереди, $p(q(t))$ из отрезка [0, 1].

Данный график представляет собой зависимость вероятности отбрасывания пакета в зависимости от длины очереди и определяет вероятностный характер модели RED. Виды подобных графиков обсуждаются в литературе [3–9].

В статье не обсуждаются эти подробности, но при моделировании были рассмотрены различные варианты, обсуждение которых заслуживает отдельной публикации.

Первое уравнение системы (1) описывает адаптивный характер управления окном TCP. Второе уравнение системы (2) описывает очередь маршрутизатора. Таким образом, система (1, 2) является нелинейной динамической системой с переменным запаздыванием.

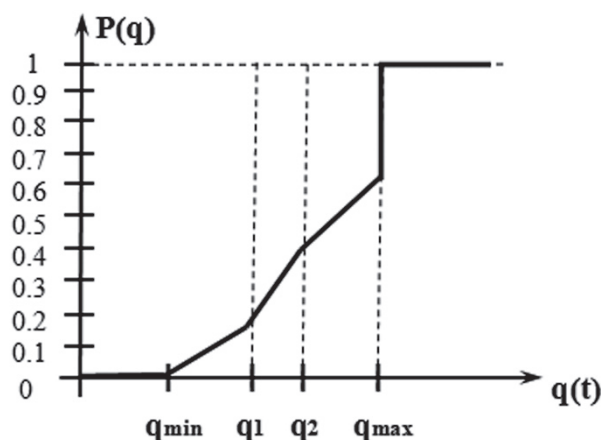


Рис. 1. Схема алгоритма RED маршрутизации
Fig. 1. Scheme of the RED routing algorithm

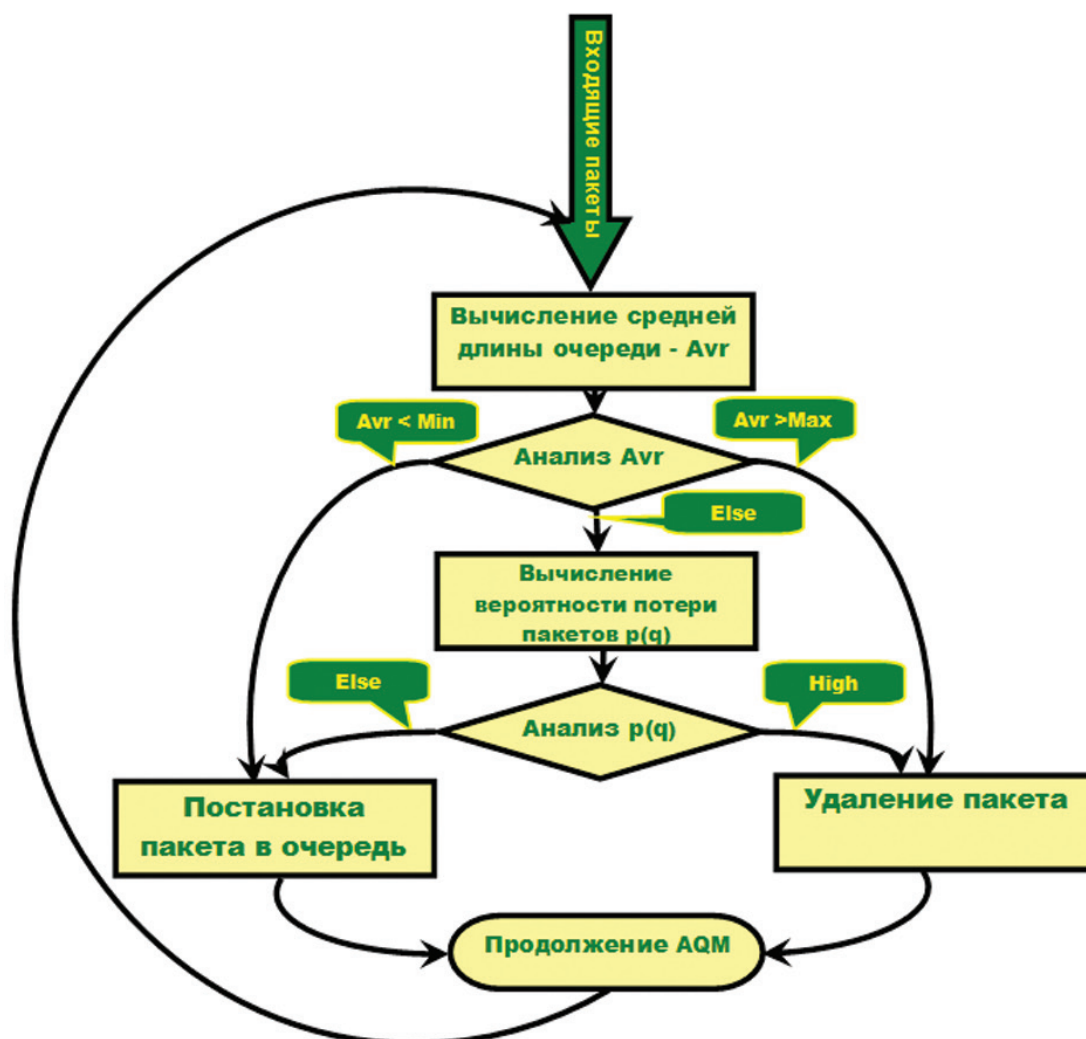


Рис. 2. Алгоритм RED маршрутизации
Fig. 2. RED routing algorithm

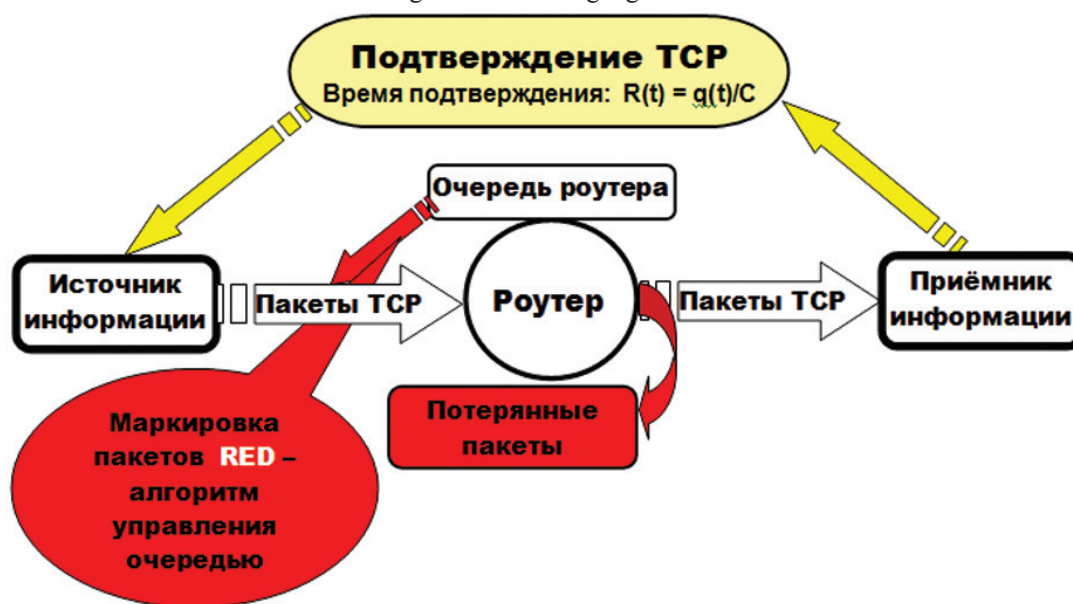


Рис. 3. Блок-схема 1. Схема моделирования переменного запаздывания в Matlab
Fig. 3. Block diagram 1. Diagram modeling the variable delay in Matlab

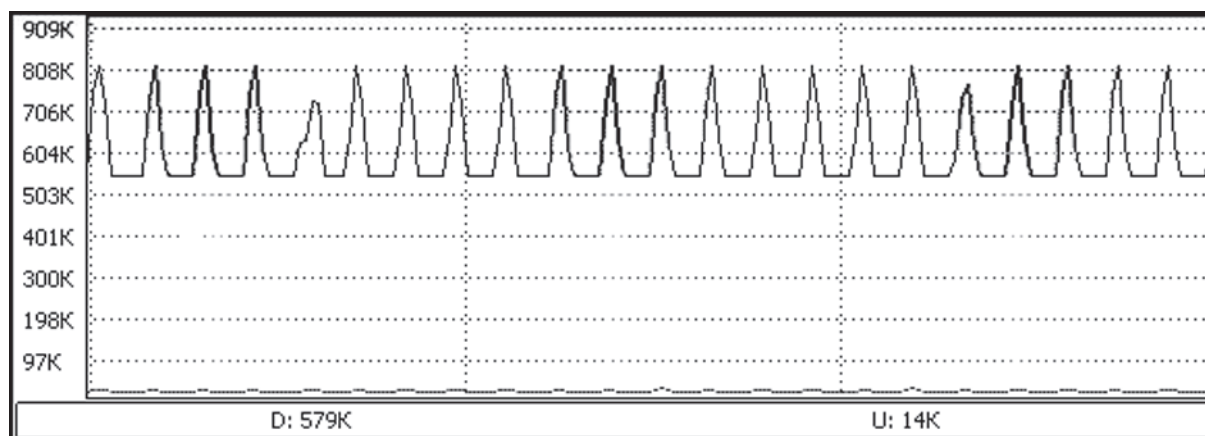


Рис. 4. Экспериментально полученные данные при передаче большого файла Интернет
 Fig. 4. The experimental data for transferring large files online

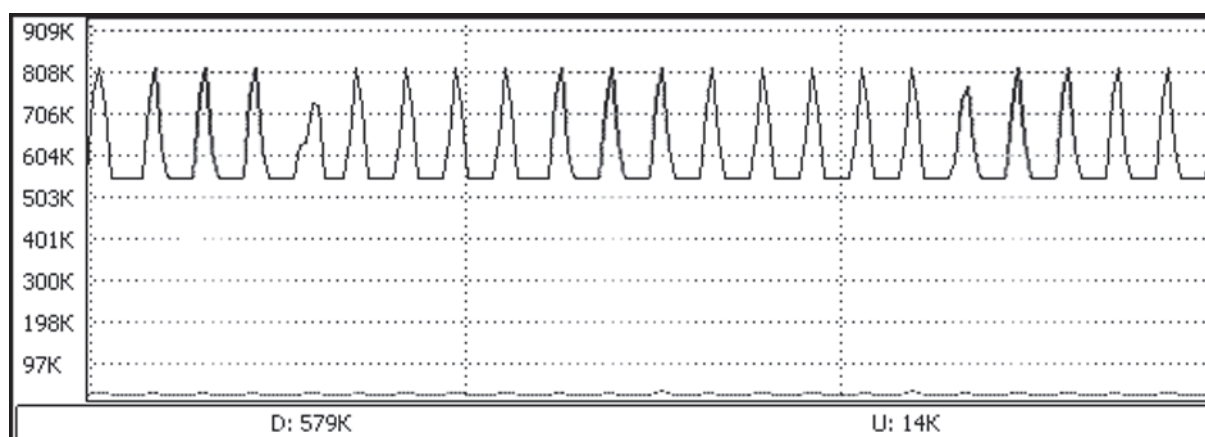


Рис. 5. Экспериментально полученные данные при передаче большого файла, локальная сеть
 Fig. 5. The experimental data for large file transfers, LAN

ем. Для таких систем характерным является режим автоколебаний.

Моделирование показывает, что важнейшей является зависимость от времени $R(t)$ (времени возврата подтверждения). При этом замкнутая САУ оказывается обладающей переменным запаздыванием.

Наиболее интересным является режим повышенного джиттера, то есть, периодически меняющегося запаздывания. Этот режим соответствует автоколебаниям в замкнутой САУ.

Критика ранее достигнутых результатов [3–13]:

1. Жидкостная (Fluid-based) [3] модель RED AQM (1–2) аддитивно-мультипликативная, обладающая существенными нелинейностями, но устойчивость везде оценивается после линеаризации в окрестности установившегося статического режима.

2. Моделирование показывает, что важнейшей является зависимость от времени $R(t)$ (времени возврата подтверждения). При этом замкнутая САУ оказывается обладающей переменным запаздыванием, что не учитывается.

3. Наиболее интересным является режим повышенного джиттера, то есть периодически меняющегося запаздывания. Этот режим соответствует автоколебаниям в замкнутой САУ. Но параметры автоколебаний не исследуются.

4. Очевидно, что вследствие нелинейности, система может работать во многих различных режимах, в зависимости от параметров. Границы этих режимов не исследованы.

5. Не исследованы случайные факторы, в частности посторонний трафик.

6. Единственным исключением являются [7, 9], где использован подход теории



Рис. 6. Экспериментально полученные данные при передаче большого файла 100 Мб Интернет.
Fig. 6. The experimental data for transferring a large 100 MB file through the Internet

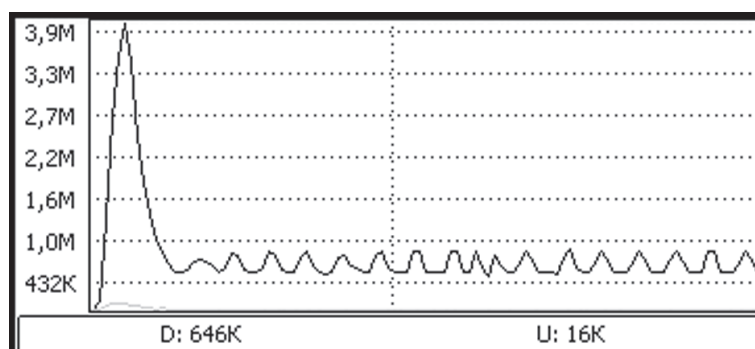


Рис. 7. Экспериментально полученные данные при передаче потокового видео YouTube: время задержки распространения – $T_d = 0,25$ с; число потоков – $N = 100$, пропускная способность канала – $C = 3750$ пакетов/с
Fig. 7. Experimental data obtained during the transfer of streaming YouTube videos: propagation delay time - $T_d = 0,25$ с; the number of streams - $N = 100$, the channel capacity - $C = 3750$ packets / second

абсолютной устойчивости (гиперустойчивости).

Вывод: целесообразно промоделировать всю нелинейную систему в различных режимах нагрузки, что и проведено в ходе исследования.

Проведено моделирование уравнений (1–2) в среде Matlab-Simulink и показано, что результаты моделирования очень похожи на реально снятые в ходе эксперимента кривые изменения запаздывания в сетевом компоненте.

Экспериментальные данные

Были сняты экспериментальные данные в различных режимах работы сети при

передаче различных данных для того, чтобы сравнить предсказанные моделью результаты с экспериментальными. Ниже приведены некоторые характерные графики (измерено в реальных сетях) для различных условий эксплуатации сети и результаты моделирования.

Очевидное наличие случая периодического запаздывания делает актуальным исследование влияния периодически меняющегося запаздывания на показатели устойчивости и качества распределённых САУ.

Выводы по результатам моделирования AQM RED:

1. Во многих случаях наблюдаются режимы с периодически меняющимся

запаздыванием распространения сигнала (джиттером).

2. Эти режимы являются типичными и возникают при нормальных (не критических) условиях функционирования роутера.

3. Величина запаздывания может меняться значительно (в разы).

4. Характерные периоды изменения запаздывания имеют порядок единиц секунд.

5. При использовании сетей TCP при передаче сигналов реального времени в системах автоматики целесообразно учитывать имеющийся (возможный) джиттер.

6. Форма колебаний – пилообразная или близкая к гармоническим.

Библиографический список/ References

1. M. Christiansen, K. Jeffay, D. Ott, and F.D. Smith, «Tuning RED for web traffic,» in Proceedings of ACM/SIGCOMM, 2000.
2. Martin May, Thomas Bonald, and Jean-Chrysostome Bolot, «Analytic Evaluation of RED Performance,» in Proc. of IEEE/INFOCOM, 2000.
3. Teunis J. Ott, T. V. Lakshman, and L. H. Wong, «SRED: Stabilized RED,» in Proceedings of IEEE/INFOCOM, 1999.
4. W. Feng, D. Kandlur, D. Saha, K. Shin, «Blue: A New Class of Active Queue Management Algorithms,» Tech. Rep., UM CSE-TR-387-99, 1999.
5. Victor Firoiu and Marty Borden, «A Study of Active Queue for Congestion Control,» in Proceedings of IEEE/INFOCOM, 2000.
6. F. Kelly, «Mathematical modelling of the Internet» in Mathematics Unlimited - 2001 and Beyond, 2000.
7. C. V. Hollot, Vishal Misra, Don Towsley, and Wei-Bo Gong, «On Designing Improved Controllers for AQM Routers Supporting TCP Flows,» in Proceedings of IEEE/INFOCOM, April 2001.
8. Firoiu V., Borden M. A Study of Active Queue Management for Congestion Control // Proceedings of IEEE/INFOCOM, 2000.
9. Misra V., Wei-Bo Gong, Towsley D. Fluid-based Analysis of a Network of AQM Routers Supporting TCP Flows with an Application to RED // Proceedings of ACM/SIGCOMM. 2000.
10. Hollot C.V., Misra V., Towsley D., Wei-Bo Gong. Analysis and Design of Controllers for AQM Routers Supporting TCP Flows // IEEE Transactions on automatic control. – 2002. – Vol. 47, No.6.
11. Еремин, Е.Л. Синтез робастного контроллера очереди AQM маршрутизатора / Е.Л. Еремин, С.С. Охотников, Д.А. Теличенко // Вестник ТОГУ. Информатика, вычислительная техника и управление. – 2010. – № 4 (19). – С. 13–22.
11. Eremin E.L., Ohotnikov S.S., Telichenko D.A. *Sintez robastnogo kontrollera ocheredi AQM marshrutizatora* [Synthesis of the robastny controler of turn of AQM of a router] Vestnik TOGU. 2010. № 4 (19). pp. 13-22.
12. Охотников, С.С. Обеспечение устойчивости TCP сессий маршрутизаторов RED / С.С. Охотников // Системы передачи данных, 2007. – № 2(14). – С. 2–21.
12. Ohotnikov S.S. *Obespechenie ustoychivosti TCP sessiy marshrutizatorov RED* [Ensuring stability of TCP of sessions of routers of RED]. Sistemy peredachi dannyh, 2007, №2(14), p. 2-21
13. Еремин, Е.Л. Гибридная система управления TCP потоками / Е.Л. Еремин, С.С. Охотников, Д.А. Теличенко // ИСУ. 2011. – № 1 (27). – С. 109–114.
13. Ohotnikov S.S., Eremin E.L., Telichenko D.A. *Gibridnaya sistema upravleniya TCP potokami* [Hybrid control system of TCP of streams] ISU. 2011. № 1 (27). pp. 109-114

NONLINEAR ROUTING SYSTEM (AQM) IN THE ETHERNET

Tumanov M.P., Prof. MIEM HSE, Ph.D. (Tech.); Abdullin S.R., Assoc. Prof. MSFU

miketum@yandex.ru, mai-sal@yandex.ru

Moscow State Institute of Electronics and Mathematics Higher School of Economics, 123458, Moscow, st. Tallinn, 34
Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Routers queue management algorithms are a modern and relevant challenge in building the information systems. In [1-13] the main modern approaches of the routing control are discussed.

The models are constructed in the form of a system of nonlinear differential equations with a variable delay. The general properties of these models and the corresponding solutions of differential equations have been investigated. The choice of parameters buffering can significantly affect not only the performance of the communication channel, but also other transmission parameters, among which one of the very important is the speed stability. In the distributed control systems, in particular, this leads to the loss of stability of the control loop and/or significant deterioration in the control quality. In practical cases, there often are periodic fluctuations in the data rate, which are insufficiently investigated, but affect the operation of the distributed system significantly. Not all issues are investigated sufficiently, particularly with respect to distributed systems automation and control, where the important things are not only the task of information delivery, but also hard timing. In this context, the cases when there is a periodically changing regimes in a wide range of delay when transferring data are of particular interest. From a mathematical point of view there is a system of nonlinear differential equations with variable private delay. In the general case, this theory is not developed, but some particular cases are looked into in the article. The regime of periodically changing delay arises naturally in such systems.

Keywords: delay system, variable latency, network router, IP-packet Fluid-based model RED.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОДНОПРОХОДНОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КРИСТАЛЛОВ С КУБИЧЕСКОЙ СИММЕТРИЕЙ $Bi_{12}SiO_{20}$ И $Bi_{12}GeO_{20}$

В.Д. БУРКОВ, проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,
Н.А. ХАРИТОНОВ, ст. науч. сотрудник каф. ИИС и ТП МГУЛ, канд. техн. наук,
А.Н. ДЕМИН, асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ

burkov@msfu.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Рассмотрены вопросы возникновения и проявления температурной погрешности волоконно-оптического датчика электрического тока на основе оптически активных кристаллов с кубической симметрией $Bi_{12}SiO_{20}$ и $Bi_{12}GeO_{20}$ с однопроходной оптической схемой чувствительного элемента (ЧЭ). Такие датчики без дополнительных усовершенствований обладают достаточно высокой дополнительной температурной погрешностью измерения, которая достигает 10–15 % в диапазоне температур 0–100°C, что является весьма существенной величиной. На основе теоретического анализа и экспериментальных исследований показано, что уменьшение температурной погрешности возможно за счет усовершенствования оптической схемы ЧЭ датчика. Для этого следует использовать зависимости температурных дрейфов коэффициентов преобразования ЧЭ с кристаллом $Bi_{12}SiO_{20}$, $Bi_{12}GeO_{20}$ заданной длины от углов между разрешенными состояниями поляризатора и анализатора. Такая зависимость определена для кристаллов различной длины. Полученные зависимости эффективны при применении кристаллов длиной до 10 мм. Температурная стабилизация оказывается возможной и для кристаллов длиной более 10 мм, однако при этом более строгими становятся требования к учету точности угловой юстировки и качеству выполнения оптических элементов ЧЭ датчика. Теоретически возможен подбор такого сочетания длины кристалла $Bi_{12}SiO_{20}$, $Bi_{12}GeO_{20}$ и взаимной ориентации оптических осей поляризатора и анализатора чувствительного элемента, при котором происходит практически полная компенсация дополнительной температурной погрешности датчика. Однако реально достижимой без использования особо сложных оптических схем ЧЭ является температурная погрешность 0,3–0,8 % в диапазоне температур 0–100°C. Указанная величина погрешности является приемлемой для подавляющего числа практических применений. Дополнительной мерой по снижению температурной погрешности является термостатирование ЧЭ датчика в сочетании с уменьшением габаритно-весовых характеристик датчика.

Ключевые слова: волоконно-оптический датчик, электрический ток, магнитооптический материал, температурная погрешность.

Из существующих оптических схем волоконно-оптических датчиков электрического тока (ВОДТ) на активных кристаллах с кубической симметрией $Bi_{12}SiO_{20}$ и $Bi_{12}GeO_{20}$ с точки зрения минимизации габаритно-весовых характеристик предпочтительной является схема однопроходного типа, которая при относительной простоте реализации позволяет наиболее просто оптимизировать требования по минимально-весовым характеристикам в сочетании с достаточно высокими метрологическими характеристиками [1, 2].

В такой схеме поступающее по волокну на вход ЧЭ излучение коллимируется градиентной линзой (коллиматором), преобразуется в линейно-поляризованное с помощью входного поляризатора проходит через кристалл $Bi_{12}GeO_{20}$ и далее, проходя через выходной поляризатор, с помощью градиентной

линзы (второго коллиматора) вводится в выходное оптическое волокно, подключенное к входу фотоприемного устройства (ФПУ). Второй поляризатор, устанавливаемый после кристалла $Bi_{12}GeO_{20}$ на его выходе, выполняет роль анализатора, позволяющего преобразовать поворот плоскости поляризации света в изменение амплитуды (или интенсивности) света на выходе ЧЭ. Угол между осями входного и выходного поляризаторов выбирается таким образом, чтобы получить максимальный коэффициент преобразования поляризационной модуляции на входе ФПУ. В отсутствие магнитного поля свет проходит через ЧЭ, не изменяя направления вектора поляризации, интенсивность света на входе ФПУ является постоянной и определяется углом между осями поляризаторов (при определенных углах – скрещенные поляризаторы

ры), она может быть равна 0. При наложении на кристалл магнитного поля \vec{H} , направление поляризации света изменяется, что приводит к изменению интенсивности света на выходе ЧЭ. Таким образом, с помощью магнитного поля осуществляется модуляция света, проходящего через ЧЭ [10, 11].

Однако, как показала практика, однопроводные датчики без дополнительных усовершенствований обладают достаточно высокой дополнительной температурной погрешностью измерения, доходящей до 10–15 % в диапазоне температур 0–100 °С [3, 4, 7].

Эффективным путем уменьшения такой погрешности является усовершенствование его оптической схемы. Действительно, уменьшение погрешности возможно за счет использования зависимости температурных дрейфов коэффициентов преобразования чувствительного элемента с кристаллом $\text{Vi}_{12}\text{GeO}_{20}$ заданной длины от углов между разрешенными состояниями поляризатора и анализатора. При этом возможен подбор такого сочетания длины кристалла $\text{Vi}_{12}\text{GeO}_{20}$ и взаимной ориентации оптических осей поляризатора и анализатора чувствительного элемента, при котором происходит практически полная компенсация дополнительной температурной погрешности датчика ВОДТ [6–8].

Матрица однопроводного ВОДТ описывается следующим выражением [5, 7]

$$\hat{M} = \hat{R}(\alpha) \cdot \hat{P} \cdot \hat{R}(-\alpha) \cdot \hat{M}_{\text{BSO}} \cdot \hat{P}, \quad (1)$$

где

$$\hat{P} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

– матрица идеального линейного поляризатора,

\hat{M}_{BSO} – матрица кристалла;

$R(\alpha)$ – матрица поворота на угол α ;

α – угол между разрешенными направлениями входного и выходного поляризаторов.

Состояние поляризации света на выходе такой системы описывается вектором Максвелла \vec{A} , который имеет следующий вид

$$A = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \hat{R}(\alpha) \cdot \hat{P} \cdot \hat{R}(-\alpha) \cdot \hat{M}_{\text{BSO}} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{A} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) \cdot \frac{\left(m \cdot \cos(\alpha) \cos(mL) - C \cdot \sin(\alpha) \times \right. \\ \left. \times \sin(mL) + i\beta \cdot \cos(\alpha) \sin(mL) \right)}{m} \\ \sin(\alpha) \cdot \frac{\left(m \cdot \cos(\alpha) \cos(mL) - C \cdot \sin(\alpha) \times \right. \\ \left. \times \sin(mL) + i\beta \cdot \cos(\alpha) \sin(mL) \right)}{m} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Интенсивность излучения на выходе датчика записывается следующим образом

$$I = \vec{A}^* \vec{A} = I_0 \frac{1}{\sqrt{C^2 + \beta^2}} \cdot \left[\left(\sqrt{C^2 + \beta^2} \right) \times \right. \\ \left. \times \cos(\alpha) \cos\left(\sqrt{C^2 + \beta^2}L\right) - C \sin(\alpha) \times \right. \quad (3)$$

$$\left. \times \sin\left(\sqrt{C^2 + \beta^2}L\right) + \beta^2 \cos^2(\alpha) \sin^2\left(\sqrt{C^2 + \beta^2}L\right) \right]$$

где: \vec{A}^* – эрмитово сопряжение;

I_0 – интенсивность излучения на входе чувствительного элемента.

Используя, что $\beta \ll C$ и при условии, что $\beta L \ll \pi/2$, получим

$$I = I_0 \left[\frac{1}{2} (1 + \cos(2\alpha + 2CL)) - \beta L \frac{\beta}{2C} \sin(2\alpha + 2CL) + \right. \\ \left. + \frac{\beta^2}{4C^2} [2 \cos(2\alpha) - \cos(2\alpha + 2CL) + \sin(2\alpha) \sin(2CL)] \right]. \quad (4)$$

Для того чтобы глубина модуляции магнитным полем была максимальной, необходимо выбрать значения L и α так, чтобы величина $\Theta L + \alpha$ была близка к $\pi/4$. Откуда следует, что выражение (4) можно записать в виде:

$$\Delta I_p \cong \frac{1}{2} I_0 \left[1 - 2FL \sin(2\alpha + 2\Theta L) + \cos(2\alpha + \Theta L) - \right. \\ \left. - \beta L \frac{\beta}{\Theta + F} \sin(2\alpha + 2CL) \right]. \quad (5)$$

При получении выражения (4) мы пренебрегли членом порядка β^2/C^2 .

Проведем оценку влияния температурного дрейфа линейного двулучепреломления β на величину интенсивности излучения. Из выражения (4) можно записать:

$$\Delta I_p \cong \left((\beta + \Delta\beta) L \frac{\beta + \Delta\beta}{\Theta + F} - \beta L \frac{\beta}{\Theta + F} \right) \times \\ \times \sin(2\alpha + 2CL) \cong 2 \frac{\Delta\beta}{\beta} \beta L \frac{\beta}{\Theta} \sin(2\alpha + 2CL) \quad (6)$$

где $\Delta\beta = 10^{-3}$ рад/мм – величина дрейфа линейного двулучепреломления на 100 °С, $\beta = 10^{-2}$ рад/мм. Здесь мы пренебрегли членами порядка $\Delta\beta^2$ и использовали то, что $F \ll \Theta$.

Из (6) следует, что

$$\Delta I_p \leq 2 \frac{\Delta \beta}{\beta} \beta L \frac{\beta}{\Theta}$$

для длины кристалла $L \sim 10$ мм эта величина не превышает 0,01 % в интервале температур от 0 до 100 °С, что мало по сравнению с отклонениями, вызванными температурной зависимостью константы Верде и величины собственной оптической активности.

Таким образом, наличие в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ большей, по сравнению с собственным линейным двулучепределением, собственной оптической активности ослабляет влияние собственного линейного двулучепределения пропорционально коэффициенту β/Θ , что позволяет не учитывать линейное двулучепределение в дальнейшем рассмотрении.

В случае переменного магнитного поля $H = H_0 \cos(\omega t)$ сигнал представляет собой сумму переменной составляющей с амплитудой пропорциональной H_0 и постоянной составляющей, медленно меняющейся от температуры. Используя полосовой фильтр, можно выделить переменную составляющую сигнала на частоте ω и не учитывать в дальнейшем рассмотрении постоянную составляющую сигнала $\cos(2\Theta L + 2\alpha)$. Таким образом, для переменного магнитного поля H интенсивность I будет иметь вид

$$I = \frac{1}{2} I_0 [1 - 2VHL \cdot \sin(2\Theta L + 2\alpha)]. \quad (7)$$

Изменение коэффициента преобразования датчика при изменении температуры окружающей среды определяется, в основном, двумя факторами: температурным дрейфом константы Верде V материала и изменением от температуры величины коэффициента собственной оптической активности Θ . В первом приближении зависимость коэффициента преобразования от температуры можно записать в виде

$$S = \frac{1}{I_0} \left| \frac{dI}{dH} \right|_{H=0}$$

$$S(t) = \left(V_0 + \frac{\Delta V}{\Delta t} t \right) L \sin \left(2 \left(\Theta_0 + \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} t \right) L + 2\alpha \right) \quad (8)$$

где V_0 и Θ_0 значения, взятые при $t_0 = 20$ °С.

Запишем величину относительного отклонения коэффициента преобразования S от температуры в виде

$$\Delta S(t) = \left| \frac{S(t) - S(t_0)}{S(t_0)} \right| = \left| \frac{\left(1 + \frac{1}{V_0} + \frac{\Delta V}{\Delta t} t \right) \sin \left(2 \left(\Theta L + \alpha + \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} L t \right) \right) - \sin \left(2(\Theta L + \alpha) \right)}{\sin \left(2(\Theta L + \alpha) \right)} \right|. \quad (9)$$

Рассмотрим температурные характеристики датчика, выходной поляризатор которого ориентирован относительно входного так, что глубина модуляции максимальна. Это означает, что $2(\Theta L + \alpha) = 90^\circ$ (α – угол между разрешенными направлениями входного и выходного поляризаторов, который мы можем выбирать по собственному усмотрению). Для такого датчика относительное отклонение коэффициента преобразования от температуры будет иметь вид

$$\Delta S(t) = \left| \left(1 + \frac{1}{V_0} + \frac{\Delta V}{\Delta t} t \right) \cos \left(2 \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} L t \right) - 1 \right|. \quad (10)$$

Разложим (10) в ряд по t

$$\Delta S(t) \cong \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} t + \Theta(t^2).$$

Откуда следует, что величина относительного отклонения коэффициента преобразования от температуры для датчика, настроенного на максимальную глубину модуляции, определяется только отклонением от температуры величины константы Верде материала. Для датчика на основе $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ эта величина составляет ~15 % на 100 °С. Такая величина температурного отклонения для некоторых применений является недостаточной.

Рассмотрим возможность улучшения температурных характеристик данного датчика. Для этого найдем такое соотношение между длиной кристалла чувствительного элемента L и углом между разрешенными направлениями поляризаторов α , при котором, отклонение от температуры величины константы Верде V будет компенсироваться отклонением от температуры величины оптической активности кристалла Θ . Для этого разложим выражение (9) в ряд по t

$$\Delta S(t) \cong \left(\frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} + 2 \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} L \cdot \text{ctg}(2(\Theta L + \alpha)) \right) \cdot t + \left(\begin{array}{l} 2 \frac{1}{V_0} \frac{\Delta \Theta \Delta V}{\Delta t^2} L \times \\ \times \text{ctg}(2(\Theta L + \alpha)) - 2 \frac{\Delta \Theta^2}{\Delta t^2} \cdot L^2 \end{array} \right) \cdot t^2 + \Theta (t^3) \quad (11)$$

Найдем такие L и α , при которых выполняется условие

$$\frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} + 2 \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} L \cdot \text{ctg}(2(\Theta L + 2\alpha)) = 0. \quad (12)$$

Решив (12) относительно α получим

$$\alpha(L) = -\Theta \cdot L - \frac{1}{2} \alpha \cdot \tan \left(2V_0 L \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} \cdot \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right)^{-1} \right). \quad (13)$$

При выполнении условия (12) температурные характеристики датчика определяются вторым членом в выражении (11), при длине кристалла 5 мм величина температурного отклонения составляет $\sim 0,2\%$ на 100°C .

Таким образом, подобрав угол между разрешенными направлениями поляризаторов α для конкретной длины кристалла L , в соответствии с (13) можно существенно улучшить температурные характеристики датчика.

Очевидно, что при увеличении длины кристалла чувствительного элемента до некоторого значения, величина второго порядка в разложении (11) станет сравнимой с величиной первого порядка. Для определения этого значения проведем следующую оценку: возьмем случай, когда поляризаторы ориентированы так, что $2(\Theta L + \alpha) = \pi/2$ (максимальный коэффициент преобразования), тогда из (11) можно записать

$$\Delta S(t) \cong \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot t - 2 \frac{\Delta \Theta^2}{\Delta t^2} \cdot L^2 \cdot t^2 + \Theta (t^3). \quad (14)$$

Зависимости первого и второго членов разложения (14) от L при изменении температуры t в диапазоне $0-100^\circ\text{C}$ представлены на рисунке 1, величина первого порядка не зависит от длины кристалла и составляет 0,015, величина второго порядка достигает значения 0,015 при $L = 17\text{мм}$. Из рис. 1 можно заключить, что проделанные выше расчеты имеют смысл только для длин кристаллов не превышающих 10 мм. Расчеты по оптимизации датчика ВОДТ с чувствительными элементами большей длины приведены ниже.

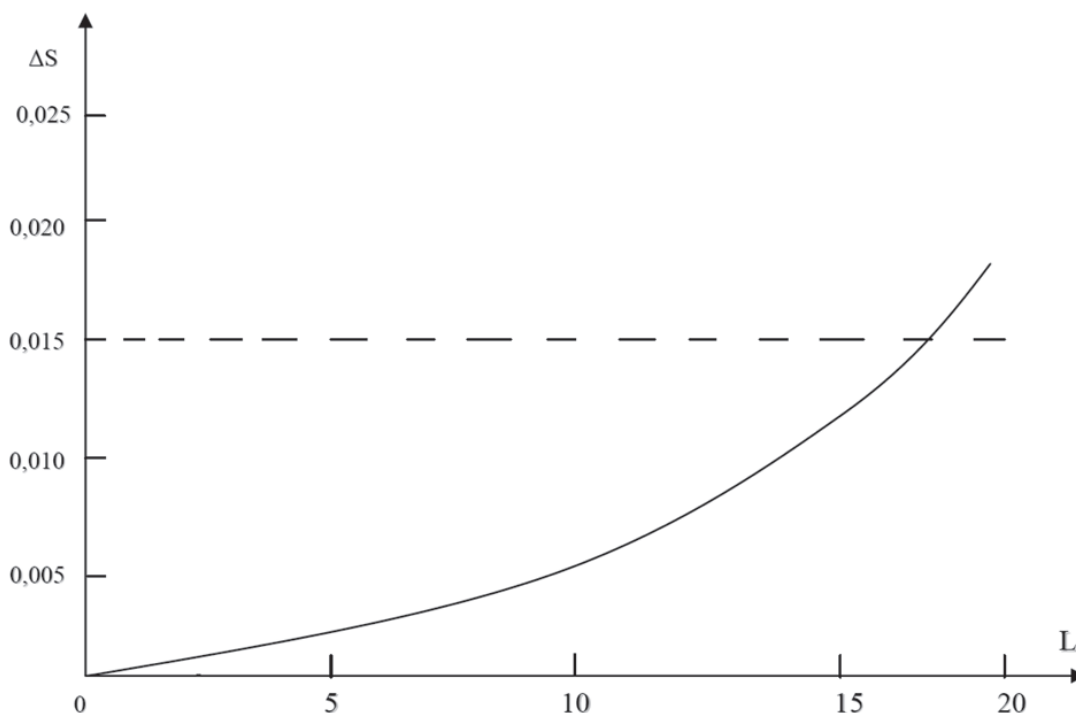


Рис. 1. Зависимость величины температурного дрейфа от длины кристалла: --- первый порядок; _____ второй порядок

Fig. 1. The dependence of the temperature drift on the crystal length: --- the first order; _____ second order

Полученное в выражении (13) позволяет скомпенсировать влияние температурных дрейфов константы Верде и коэффициента оптической активности на коэффициент преобразования чувствительного элемента в первом порядке. Этого, однако, недостаточно когда длина кристалла превышает 5 мм.

Для проверки и уточнения приближенных аналитических расчетов, приведенных выше, а также для исследования возможности термостабилизации чувствительных элементов с более длинными кристаллами было проведено численное моделирование температурных дрейфов коэффициента преобразования чувствительного элемента ВОД для различных длин кристалла. Для этого интенсивность излучения на выходе чувствительного элемента была записана следующим образом

$$I(H, L, \alpha, \Delta t) = [\bar{A}(H, L, \alpha, \Delta t)]^+ \cdot \bar{A}(H, L, \alpha, \Delta t), \quad (15)$$

где H – проекция магнитного поля на направление распространения света;

L – длина кристалла;

α – угол между разрешенными направлениями поляризаторов;

Δt – отклонение температуры от «комнатной»;

\bar{A} – вектор Максвелла

$$A(H, L, \alpha, \Delta t) = \hat{P}(\alpha) \cdot \hat{M}_{BSO}(H, L, \Delta t) \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (16)$$

$$\hat{P}(\alpha) = \hat{R}(-\alpha) \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \hat{R}(\alpha)$$

– матрица Джонса идеального линейного поляризатора, разрешенное направление которого развернуто на угол α ;

$\hat{R}(\alpha)$ – матрица поворота;

$$\hat{M}_{BSO}(H, L, \Delta t) = \begin{pmatrix} \cos(mL) + i \frac{\beta}{m} \sin(mL) & \frac{C}{m} \sin(mL) \\ -\frac{C}{m} \sin(mL) & \cos(mL) - i \frac{\beta}{m} \sin(mL) \end{pmatrix} \quad (17)$$

– матрица Джонса кристалла $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$

где:

$$m(H, \Delta t) = \sqrt{(C(H, \Delta t))^2 + (\beta(\Delta t^2))^2},$$

$C(H, \Delta t) = \Theta(\Delta t) + V(\Delta t)H$ – коэффициент суммарного кругового двулучепреломления;

$$\Theta(\Delta t) = \Theta_0 + \frac{\Delta\Theta}{\Delta t} \Delta t$$

– коэффициент оптической активности кристалла,

$$V(\Delta t) = V_0 + \frac{\Delta V}{\Delta t} \Delta t$$

– константа Верде;

$$\beta(\Delta t) = \beta_0 + \frac{\Delta\beta}{\Delta t} \Delta t$$

– коэффициент собственного линейного двулучепреломления: Θ_0, V_0, β_0 – значения, взятые при комнатной температуре;

$$\frac{\Delta\Theta}{\Delta t}, \frac{\Delta V}{\Delta t}, \frac{\Delta\beta}{\Delta t}$$

– коэффициенты температурной зависимости констант Θ_0, V_0, β_0 ; соответственно, значения этих констант и их температурных коэффициентов были приведены ранее;

H – проекция вектора магнитного поля на направление распространения света в кристалле;

L – длина кристалла.

В соответствии с записанными выражениями была сформирована подпрограмма-функция I с аргументами $H, L, \alpha, \Delta t$, затем в соответствии с выражением

$$S = \frac{1}{I_0} \left| \frac{dI}{dH} \right|_{H=0}$$

вычислялось значение коэффициента преобразования S для конкретных значений L, α, Δ . Численное дифференцирование функции I при $H=0$ производилось при помощи подпрограммы из состава математической библиотеки MS Fortran PowerStation 4.0, заложенная в программу точность вычислений составляла 0,01%. Для проверки правильности работы программы была построена зависимость S/V_0L от $\Theta L + \alpha$, для $L = 3$ мм (рис. 2). Как видно из рисунка, полученные данные подтверждаются проведенными ранее расчетами (7).

На рис. 3 представлена зависимость относительного дрейфа коэффициента преобразования

$$\Delta S = (S_{\max} - S_{\min}) / S_{\max} \times 100\%$$

в диапазоне Δt 0–100 °С от угла $\Theta L + \alpha$, для чувствительного элемента с длиной кристалла 3 мм.

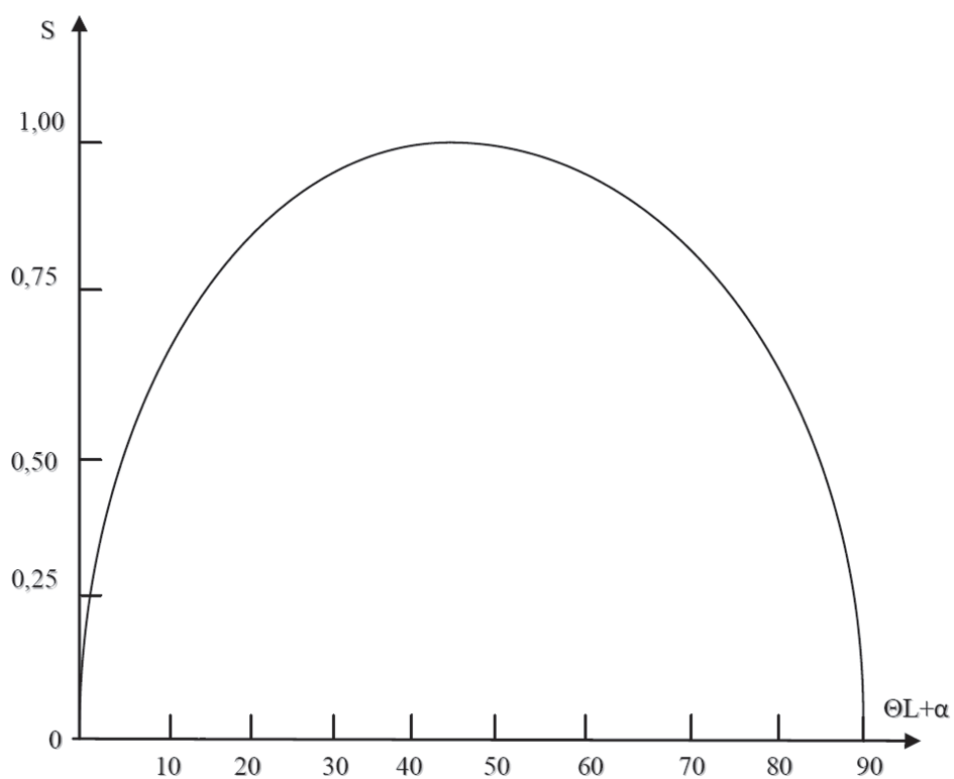


Рис. 2. Зависимость нормированного коэффициента преобразования от угла $\Theta L + \alpha$ для кристалла длиной 3 мм, построенная для проверки метода численного расчета
 Fig. 2. Dependence of the normalized conversion factor on the corner $\Theta L + \alpha$ crystal 3 mm long, built to test the method of numerical calculation

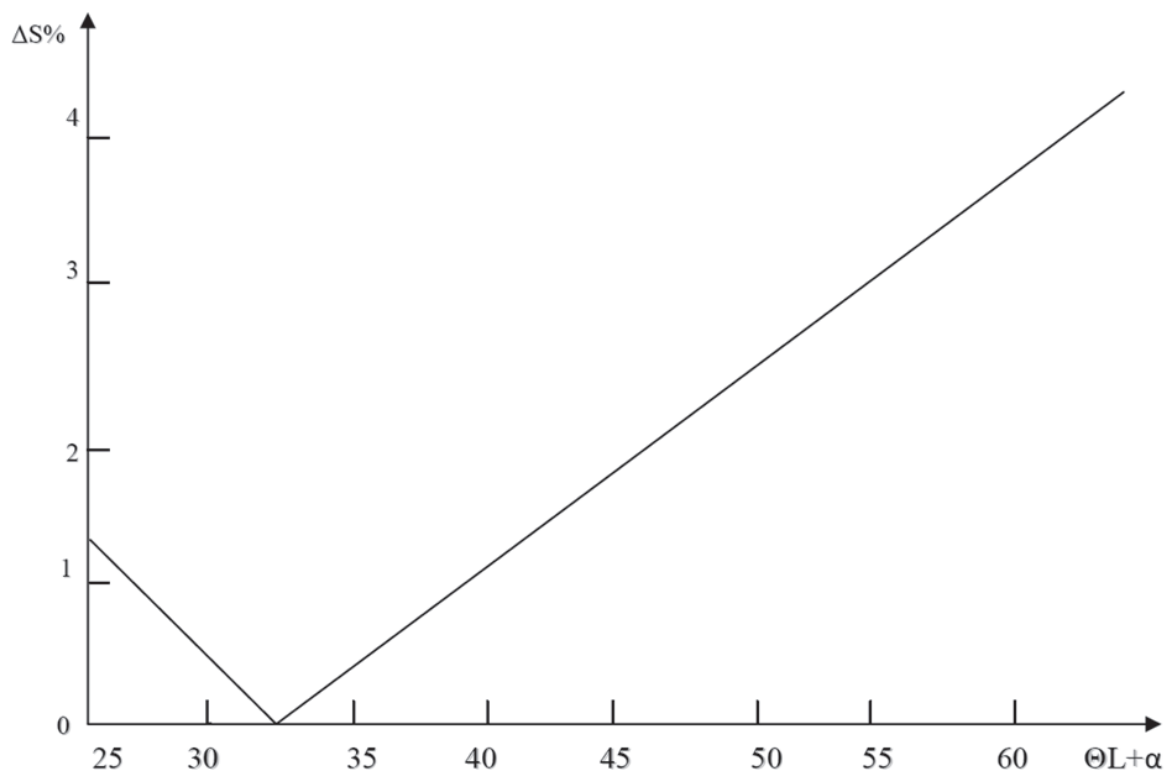


Рис. 3. Зависимость величины температурного дрейфа от угла $\Theta L + \alpha$ для кристалла длиной 3 мм
 Fig. 3. The dependence of the temperature drift on the angle $\Theta L + \alpha$ for a crystal length of 3 mm

Из рисунков видно, что минимальные значения температурного дрейфа достигаются при отклонении угла от 45° на $12,5^\circ$ для 3 мм.

Таким образом, значения температурного дрейфа и угла между поляризаторами чувствительного элемента с кристаллом длиной 3 мм, полученные с помощью численной модели, практически совпадают с соответствующими значениями, полученными по формуле (13).

Дополнительными путями уменьшения температурной погрешности датчика ВОДТ также являются: уменьшение габаритов датчика [8], что приводит к уменьшению неравномерности распределения температуры по датчику ВОДТ и позволяет считать температуру датчика постоянной по всему объему его конструкции и ввести температурную поправку в результат измерения на основании контроля температуры чувствительного элемента; термостатирование чувствительного элемента датчика ВОДТ позволяет считать температуру датчика постоянной и полностью исключить температурную погрешность измерения.

Заключение

1. Из существующих оптических схем ВОДТ на активных кристаллах с кубической симметрией $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ и $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ (однопроходная схема, схема с отражением, многопроходная схема) с точки зрения минимизации габаритно-весовых характеристик предпочтительной является схема однопроходного типа, которая при относительной простоте реализации имеет высокие метрологические характеристики.

2. Применение обычной однопроходной оптической схемы для ряда применений с точки зрения метрологии ограничено повышенной дополнительной температурной погрешностью измерения, достигающей 10–15 % в диапазоне рабочих температур 0–100 °С.

3. Эффективным путем уменьшения дополнительной температурной погрешности является усовершенствование оптической схемы ВОДТ. Уменьшение погрешности возможно за счет использования зависимости температурных дрейфов коэффициентов

преобразования чувствительного элемента с кристаллом $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ заданной длины от углов между разрешенными состояниями поляризатора и анализатора чувствительного элемента датчика. Теоретически возможно полное исключение дополнительной температурной погрешности. Практически достижимой без использования особо сложных технических решений является погрешность 0,3–0,8 % в диапазоне рабочих температур 0–100 °С.

4. Дополнительной мерой по снижению температурной погрешности является термостатирование чувствительного элемента ВОДТ в сочетании с уменьшением габаритно-весовых характеристик.

Библиографический список

1. Бурков, В.Д. Научные основы создания устройств и систем волоконно-оптической техники. Монография / В.Д. Бурков, Г.А. Иванов. – М.: МГУЛ, 2008. – 332 с.
2. Бурков, В.Д. Экоинформатика: Алгоритмы, методы и технологии. Монография / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин. – М.: МГУЛ, 2009. – 431 с.
3. Бурков, В.Д. и др. Теория, расчет и проектирование приборов и систем: лабораторный практикум. – М.: МГУЛ, 2010. – 56 с.
4. Бабаев, О.Г. Методика исследования магнитооптического эффекта в кристаллах BSO для датчика магнитного поля / О.Г. Бабаев, С.А. Матюнин, Г.И. Леонович // Фотон-экспресс. – 2013. – № 6. – С. 66–67.
5. Бурков, В.Д. Теория, расчет и проектирования волоконно-оптических приборов и систем: практикум / В.Д. Бурков, В.Т. Потапов. – М.: МГУЛ, 2011. – 82 с.
6. Бурков, В.Д. Отработка технологических параметров и режимов изготовления волоконно-оптических световодов методом регрессионного анализа. Учебно-методическое пособие / В.Д. Бурков и др. – М.: МГУЛ, 2013. – 102 с.
7. Бурков, В.Д. Лабораторный комплекс «математическое моделирование чувствительного элемента волоконно-оптического датчика магнитного поля и электрического тока». Свидетельство ОФАП об отраслевой регистрации разработки МГУЛ № 2561 от 17.06.2003 / В.Д. Бурков и др. – 36 с.
8. Бурков, В.Д. Лабораторный комплекс «Математическое моделирование технологического процесса измерения параметров волоконно-оптических световодов и волоконно-оптических кабелей. Свидетельство ОФАП об отраслевой регистрации разработки МГУЛ № 2562 от 17.06.2003 / В.Д. Бурков и др. – 38 с.
9. Бурков, В.Д. Миниатюрный волоконно-оптический датчик электрического тока / В.Д. Бурков, А.Н. Демин // Сб. аспирантов и докторантов МГУЛ. – 2013. – С. 34–38.
10. Бурков, В.Д. Анализ и выбор оптимальной системы волоконно-оптического датчика электрического тока / В.Д. Бурков, Н.А. Харитонов, А.Н. Демин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – № 2. – 2014. – С. 225–257.
11. Бурков, В.Д. Волоконно-оптический датчик магнитного поля и электрического тока. Патент РФ № 2213356, 2003.

THE WAYS TO REDUCE THE TEMPERATURE ERROR OF A SINGLE PASS FIBER-OPTIC SENSOR BASED ON THE OPTICALLY ACTIVE CRYSTAL WITH THE CUBIC SYMMETRY $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ AND $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$

Burkov V.D., Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.); Kharitonov N.A., Senior Researcher MSFU, Ph.D (Tech.); Demin A.N., pg. MSFU

burkov@msfu.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

The issues of emergence and manifestation of a temperature fault of an optical fiber electric current sensor on the basis of the optically active crystals with cubic symmetry $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ and $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ with a single pass optical scheme of the sensing element (SE). Such sensors have a high enough temperature measurement fault which reaches 10-15 % in the temperature range of 0-100° C without additional improvements. That is a substantial amount. The theoretical analysis and experimental studies have shown that reducing the temperature fault can be reached through improvements in the optical scheme of the SE sensor. It should be used according to the temperature drifts of SE transformation coefficients with a crystal $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ of specified length from the angles within the allowed points of the polarizer and analyzer. This dependence is determined for crystals of different lengths. The obtained dependence can be used effectively with crystal length up to 10 mm. Temperature stabilization is possible for crystals with length of more than 10 mm, however, more stringent requirements including accuracy of angular alignment and the quality of optical elements SE of the sensor are needed. Theoretically, it is possible to select a combination of the crystal length $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ and mutual orientation of the optical axes of the polarizer and analyzer of the sensing element, in which there is almost complete compensation for additional temperature error sensor. However, the achievable temperature error without the use of particularly complex optical SE schemes, is of 0,3–0,8 % in the temperature range of 0-100 ° C. This fault value is acceptable for most practical applications. An additional measure to reduce the temperature fault is the sensor thermal regulation in combination with reduced weight and size characteristics of the sensor.

Keywords: fiber-optic sensor; electric current, magneto-optical material, temperature error.

References

1. Burkov V.D., Ivanov G.A. *Nauchnye osnovy sozdaniya ustroystv i sistem volokonno-opticheskoy tekhniki* [Scientific basis for the development of devices and systems, optical fiber equipment]. Moscow: MSFU, 2008, 332 p.
2. Burkov V.D., Krapivin V.F. *Ekoinformatika: Algoritmy, metody i tekhnologii* [Ecoinformatics: Algorithms, methods and technologies]. Moscow: MSFU, 2009, 431 p.
3. Burkov V.D. and other. *Teoriya, raschet i proektirovanie priborov i sistem* [Theory, calculation and design of devices and systems]. Moscow: MSFU, 2010, 56 p.
4. Babaev O.G., Matyunin S.A., Leonovich G.I. *Metodika issledovaniya magnitoopticheskogo effekta v kristallakh BSO dlya datchika magnitnogo polya* [Research methodology the magneto-optical effect in BSO crystals for magnetic field sensor]. Photon-Express-science, 2013, No.6, pp. 66-67.
5. Burkov V.D., Potapov V.T. *Otrabotka tekhnologicheskikh parametrov i rezhimov izgotovleniya volokonno-opticheskikh svetovodov metodom regressionnogo analiza* [The theory, calculation and design of fiber-optic devices and systems: workshop]. Moscow: MSFU, 2011, 82p.
6. Burkov V.D. and other. *Otrabotka texnologicheskix parametrov i rezhimov izgotovleniya volokonno-opticheskix svetovodov metodom regressionnogo analiza. uchebno-metodicheskoe posobie* [Development of technological parameters and modes of production of fiber-optic fibers by regression analysis. Educational-methodical manual]. Moscow: MSFU, 2013, 102 p.
7. Burkov V.D. and other. *Laboratornyy kompleks «matematischeskoe modelirovanie chuvstvitelnogo elementa volokonno-opticheskogo datchika magnitnogo polya i elektricheskogo toka»* [Laboratory complex «Mathematical modeling of the sensing element of a fiber-optic magnetic field sensor and the electric current»]. Testimony OFAP about branch registration development at MSFU No. 2561 from 17.06.2003, 2010, 36 p.
8. Burkov V.D. and other. *Laboratornyy kompleks «Matematischeskoe modelirovanie tekhnologicheskogo protsessa izmereniya parametrov volokonno-opticheskikh svetovodov i volokonno-opticheskikh kabeley»* [The laboratory complex «Modeling process measurement parameters of optical fiber optical fibers and fiber-optic cables»]. Testimony OFAP about branch registration development at MSFU No. 2562 from 17.06.2003, 38 p.
9. Burkov V.D., Demin A.N. *Miniatyurnyy volokonno-opticheskiy datchik elektricheskogo toka* [Miniature fiber optic sensor of the electric current]. *Sb. aspirantov i doktorantov MSFU (2014)* [Sat. graduate and doctoral students at MSFU (2014)]. Moscow: MSFU, 2013, pp. 34-38.
10. Burkov V.D., Xaritonov N.A., Demin A.N. *Analiz i vybor optimal'noy sistemy volokonno-opticheskogo datchika elektricheskogo toka* [Analysis and selection of the optimal system of fiber-optic sensor of the electric current]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, No. 2, 2014, pp. 225-257.
11. Burkov V.D. and other. *Volokonno-opticheskiy datchik magnitnogo polya i elektricheskogo toka* [Fiber-optic magnetic field sensor and the electric current]. Patent RF No. 2213356, 2003.

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛА С ПРОТОКОМ ПРИ ДОЗВУКОВЫХ СКОРОСТЯХ

М.Ю. ЕФРЕМОВА, магистрант МГУЛ,

П.В. КРЮКОВ, вед. науч. сотрудник ФГУП ЦНИИмаш, канд. физ.-мат. наук,

А.Ю. ГАЛАКТИОНОВ, доц. каф. прикладной математики и математического моделирования МГУЛ, канд. тех. наук

etu92@yandex.ru, galakau@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш)

141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4

Рассматривается математическое моделирование сложных струйных и отрывных течений в окрестности сферического тела с осевым цилиндрическим протоком при дозвуковых скоростях. В качестве объекта исследования авторами было выбрано сферическое тело с протоком, физическое моделирование обтекания которого на моделях в аэродинамических стендах затруднено. Данное обстоятельство потребовало использования математических моделей высокого уровня, какими являются численные методы решения полных уравнений Навье–Стокса, программно реализованные для ЭВМ. Аэродинамические характеристики сферы с осевым цилиндрическим отверстием («протоком») получены численным решением полных уравнений Навье–Стокса с использованием пакета программ Numesa. Зависимости аэродинамических коэффициентов продольной и нормальной сил, а также момента тангажа от угла атаки определены при числе Рейнольдса $Re = 2 \cdot 10^6$ для диаметра «протока» $\bar{d} = d / R = 0,5$; для случая дозвукового обтекания, что необходимо для предпроектных оценок стабилизации воздухоплавательного летательного аппарата. Численные расчеты аэродинамических характеристик рассматриваемой модели были выполнены в диапазоне углов атаки от 0 до 90°. Интересно отметить трансформацию вихревых образований в задней полусфере. При угле атаки порядка $\alpha = 0^\circ$ наблюдается сравнительно симметричная тороидальная система. При угле атаки 1° – два тороидальных образования в задней полусфере, соответствующие газу внешнего потока и одно в струе, вышедшей из осевого протока (т.н. внутренние вихревые образования, напоминающие эффекты неустойчивости Релея–Тейлора). С дальнейшим ростом угла атаки (до 10° и выше) вихревые, появившиеся после отхода от $\alpha = 0^\circ$, распадаются в турбулентном следе, а вихревое тороидальное образование, соответствующее отрыву основного потока на сфере становится несимметричным. Начиная с интервала углов атаки $70 - 80^\circ$, в тороидальном вихревом образовании появляются элементы симметрии, а картина течения во внешнем поле приближается к случаю обтекания шара дозвуковым потоком

Ключевые слова: аэродинамические характеристики, уравнение Навье–Стокса, численные методы, сфера с протоком.

Ежегодное увеличение потока Земля–Космос при ужесточении экологических требований заставляет искать альтернативные, часто нетиповые схемы работы космических комплексов и систем старта. В этой связи представляет интерес идея воздушного старта, использующая в качестве первой подвижной ступени воздухоплавательную составляющую, нести необходимый запас космических ракет-носителей, специализированных для вывода микроспутников. Учитывая, что летательные аппараты (ЛА) воздухоплавательного типа, оснащенные искусственными движителями, в настоящий момент рассматриваются как перспективные системы грузодоставки тяжелых грузов и природных ископаемых [1–3], а также систем тушения лесных пожаров, актуальным вопросом становится разработка инженерных методик и оценка с их помощью возмущающих аэродинамических

и аэростатических сил и моментов, необходимых как при выборе органов управления для упомянутых ЛА, так и при синтезе сложных технических систем (СТС), элементом которых являются ЛА такого типа – воздухоплавательные летательные аппараты (ВПЛА или аэромобили на рис. 1).

Ввиду определенных технико-экономических ограничений на этапе предпроектной проработки ВПЛА, связанных как с натурным экспериментом, так и с трубными испытаниями, в настоящей работе аэродинамические характеристики ВПЛА были получены численно на ЭВМ с использованием пакета программ Numesa (Действующий договор № NU/RU/ACADEM/25/03/2014 между ООО «НУМЕКА», Санкт-Петербург и МГУЛ, Мытищи от 25.03.2014), что позволило сопоставить суммарные аэродинамические характеристики с картинами течения, возникающими

ми в окрестности модели ВПЛА. Последняя была схематично представлена в виде сферы с протоком, обтекаемой дозвуковым потоком воздуха (рис. 1, 2). Здесь уместно отметить, что исследование интерференции пристенного слоя, отрывного течения и спутной струи из протока при дозвуковых скоростях может представлять самостоятельный интерес в части аэродинамики струйных и отрывных течений, аэромеханики инициирования и затягивания отрыва.

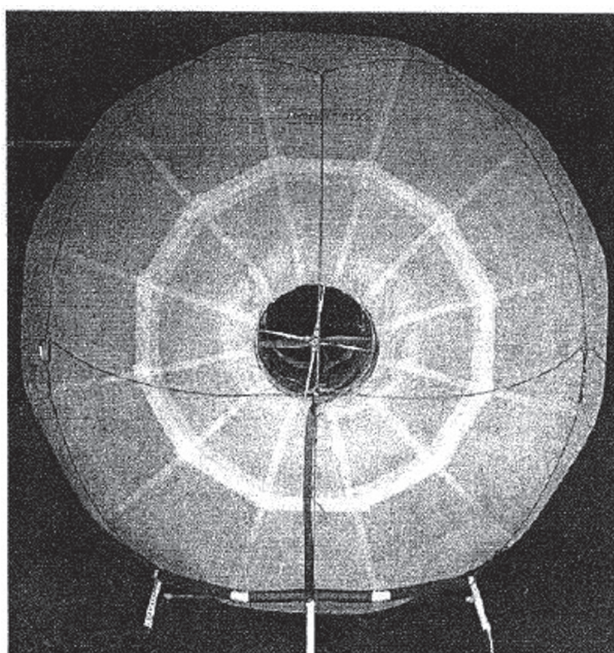


Рис. 1. Прототип аэростата и швартовочных опор
Fig. 1. The prototype of a balloon and mooring base

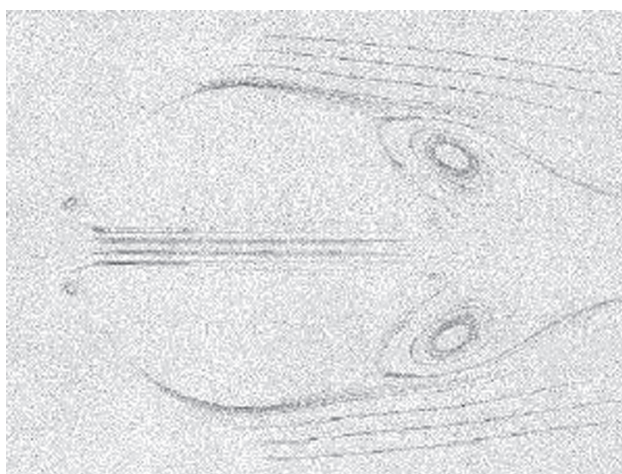


Рис. 2. Визуализация физической картины течения в окрестности модели
Fig. 2. Visualization of the physical picture of the flow in the vicinity of the model

Целью настоящей работы стала инженерная оценка аэродинамических характеристик тела с протоком в условиях дозвукового обтекания, с использованием возможностей математических моделей высокого уровня, какими являются программно реализованные численные методы решения уравнений Навье–Стокса в виде пакетов прикладных аэродинамических программ.

Для достижения поставленной цели было необходимо решение следующих задач:

1. Разработка расчетной схемы и подготовка исходных данных для проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ.

2. Организация параметрических численных расчетов круговых аэродинамических характеристик тела с протоком, с рассмотрением диаметра последнего в качестве самостоятельного параметра; систематизация полученных результатов в виде графических и табличных зависимостей.

3. Анализ результатов аэродинамических расчетов в части оценки тормозных, несущих и дестабилизирующих свойств ВПЛА выбранной схемы при осевой центровке ($x_{\text{цт}} = 0,5$), с интерпретацией прогнозируемых картин течения.

4. Обоснование достоверности полученных данных путем сравнения с известными экспериментальными данными и рассмотрения сходимости решения по сетке.

Для определения круговых аэродинамических характеристик ВПЛА использовалась связанная с моделью декартова система координат, начало которой было расположено на оси симметрии тела в передней критической точке (при нулевом угле атаки). Предполагалось, что центр тяжести ВПЛА расположен в картинной (поперечной) плоскости симметрии ниже строительной горизонтали в целях обеспечения устойчивости, однако для математического упрощения аэромеханической задачи центр тяжести был расположен в центре сферы. Задача решалась численно в рамках полных уравнений Навье–Стокса методом контрольного объема на неструктурированной расчетной сетке. Решение было получено установлением методом конечного объема, с использованием

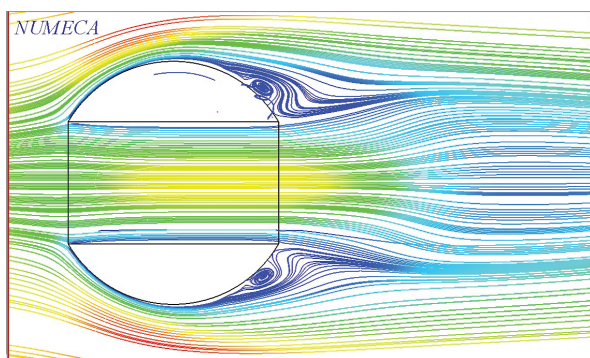


Рис. 3. Фрагмент картины течения в окрестности модели ВПЛА ($V = 50$ м/с, $\alpha = 0^\circ$), характерные линии тока

Fig. 3. Detail of the flow pattern in the vicinity of the model VPLA ($V = 50$ м/с, $\alpha = 0^\circ$), the characteristic lines of the current

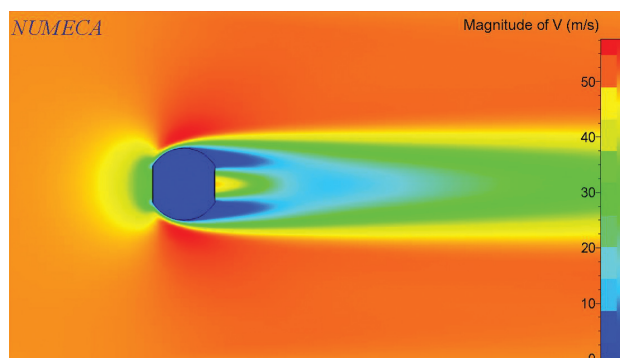


Рис. 4. Фрагмент картины течения в окрестности модели ВПЛА ($V = 50$ м/с, $\alpha = 0^\circ$), области равных скоростей

Fig. 4. Detail of the flow pattern in the vicinity of the model VPLA ($V = 50$ м/с, $\alpha = 0^\circ$), the area of equal speeds

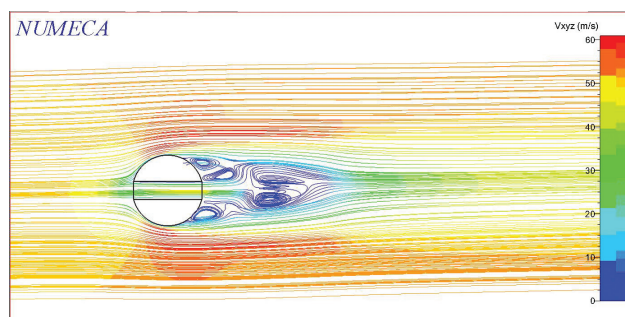


Рис. 5. Картина течения в окрестности тела с протоком, полученная при угле атаки, равном 1°

Fig. 5. The flow pattern in the vicinity of the model with the flow obtained at an angle of attack of 1°

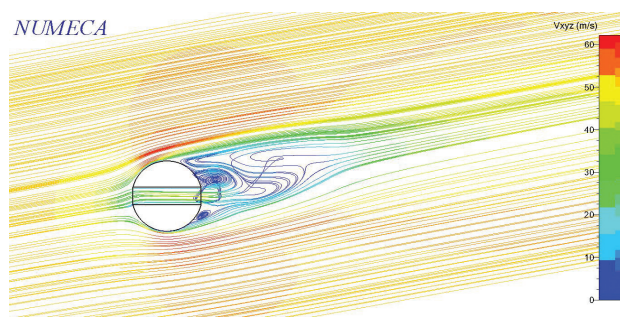


Рис. 6. Картина течения в окрестности тела с протоком, полученная при угле атаки, равном 10°

Fig. 6. The flow pattern in the vicinity of the body with the flow obtained at an angle of attack equal to 10°

TVD-схем [8], и графически отображено с использованием пакета Numeca (Fine-Open) по использованию элементов вычислительной технологии, представленной в работе [4]. Расчеты проводились на сетках с числом элементов порядка 10^6 . Расчетные сетки были сгенерированы в пакете Hexpress и имели сгущение к поверхности модели. Расчетная область могла рассматриваться как двухсвязная [8, 9] – требующая двух разрезов: как O – сетка и с учетом одного тела с одним протоком. Для математического моделирования турбулентных течений и количественного расчета значения коэффициента турбулентной вязкости использовалась $k-\omega$ модель турбулентности.

В качестве модели для аэродинамических расчетов была выбрана сфера (радиус 1 м) с протоком, обтекаемая дозвуковым потоком воздуха ($V = 50$ м/с на высоте $H = 0$ км).

Аэродинамические характеристики в связанной системе координат были определены для значения диаметра протока (0,5 в радиусах сферы) в интервале углов атаки от 0 до 90° (в настоящей работе картины течения приведены для углов атаки $0, 1, 10, 45, 85$ и 90°).

Считалось, что мерой тормозного воздействия рассматриваемой формы на поток является коэффициент силы лобового сопротивления (продольной силы), мерой несущих способностей – коэффициент подъемной силы, а дестабилизирующее воздействие для вращательного движения может быть оценено через коэффициент момента тангажа (или точки приложения аэродинамической силы).

На рис. 3, 4 представлены наиболее интересные элементы картины течения, качественно близкие результатам визуализации, полученным в физическом эксперименте [1]:

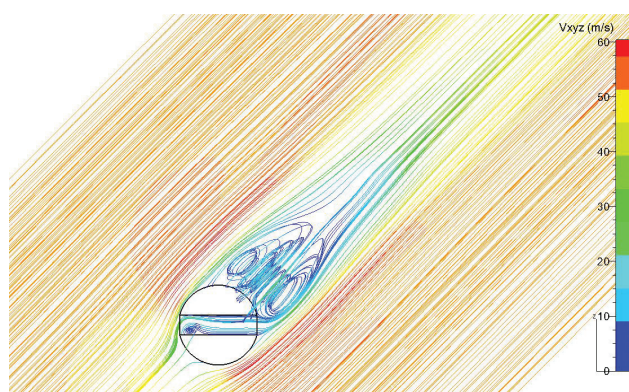


Рис. 7. Картина течения в окрестности тела с протоком, полученная при угле атаки равном 45°
 Fig. 7. The flow pattern in the vicinity of the body with the flow obtained at an angle of attack of 45°

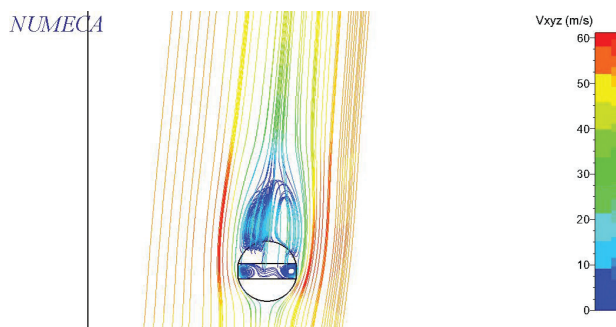


Рис. 8. Картина течения в окрестности тела с протоком, полученная при угле атаки равном 85°
 Fig. 8. The flow pattern in the vicinity of the body with the flow obtained at an angle of attack of 85°

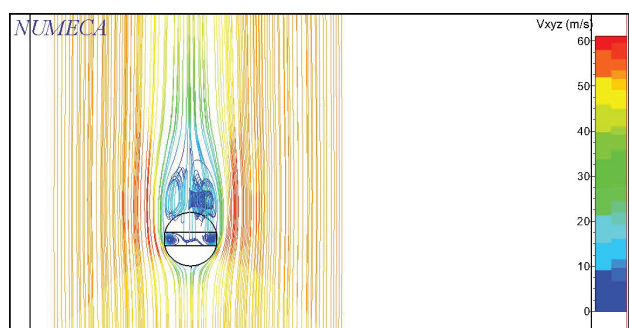


Рис. 9. Картина течения в окрестности тела с протоком, полученная при угле атаки равном 90°
 Fig. 9. The flow pattern in the vicinity of the body with the flow obtained at an angle of attack of 90°

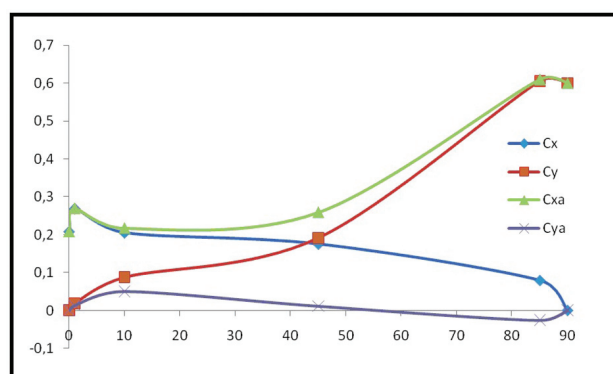


Рис. 10. Зависимости аэродинамических коэффициентов продольной и нормальной силы, действующих на сферическое тело с протоком, от угла атаки
 Fig. 10. Dependence of the aerodynamic coefficients of axial and direct force, applied to the spherical body with a channel, on the angle of attack

– ускоряющаяся в протоке за счет отрывов на краях струя высоконапорного воздуха, расширяющаяся за протоком;

– отрывное течение, представленное двумя вихревыми образованиями в задней полусфере ВПЛА;

– область следа, зарождающаяся в пристенном пограничном слое в передней полусфере ВПЛА и экранирующая, согласно гипотезе Гильберта и Чакраварти [5], отрывную зону выше разделительной линии тока, приходящую точкой присоединения на струю как на подвижную преграду.

Численные расчеты аэродинамических характеристик рассматриваемой модели были выполнены в диапазоне углов атаки от 0° до 90° . На рис. 5–9 схематично приведены линии тока для углов атаки: 1° , 10° , 45° , 85° и 90°

соответственно. Интересно отметить трансформацию вихревых образований в задней полусфере. При угле атаки порядка $\alpha=0^\circ$ наблюдается сравнительно симметричная тороидальная система. При угле атаки 1° – два тороидальных образования в задней полусфере, соответствующие газу внешнего потока, и одно в струе, вышедшей из осевого протока (т.н. внутренние вихревые образования, напоминающие эффекты неустойчивости Релея–Тейлора). С дальнейшим ростом угла атаки (до 10° и выше) вихревые, появившиеся после отхода от $\alpha = 0^\circ$, распадаются в турбулентном следе, а вихревое тороидальное образование, соответствующее отрыву основного потока на сфере становится несимметричным. Начиная с интервала углов атаки 70° – 80° , в тороидальном вихревом об-

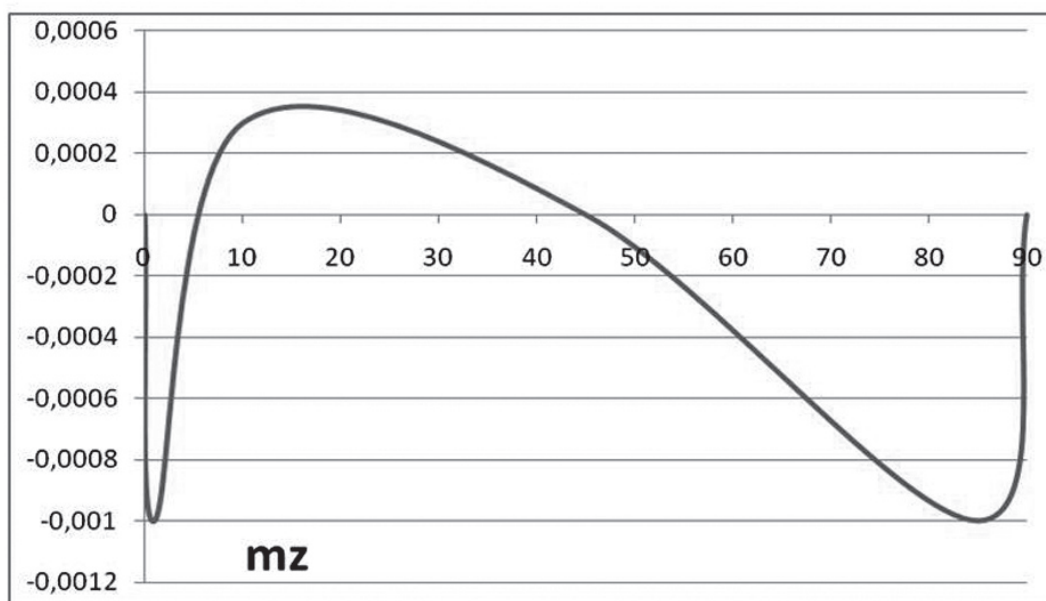


Рис. 11. Зависимости аэродинамического коэффициента момента тангажа в связанной с исследуемой моделью системе координат от угла атаки

Fig. 11. The dependence of the aerodynamic pitching moment coefficient in the related study model coordinate system on the angle of attack

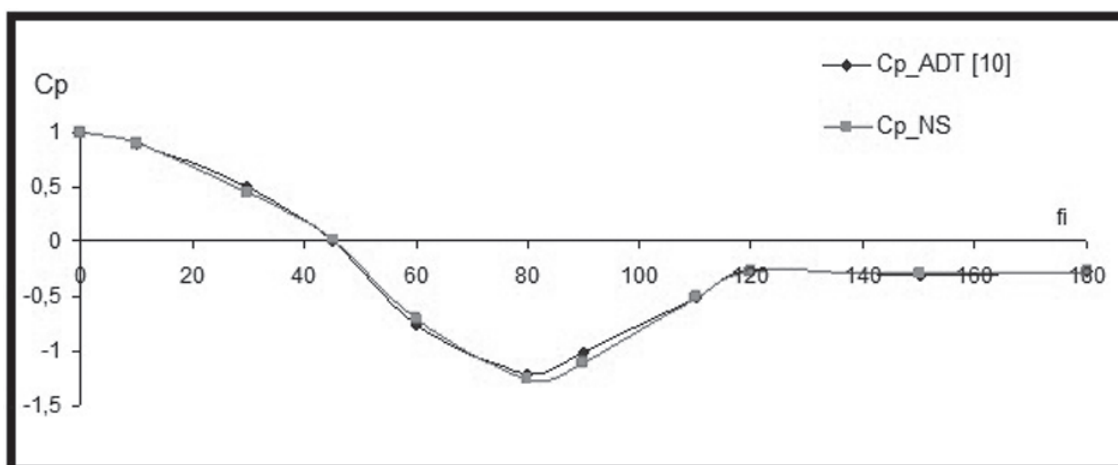


Рис. 12. Сравнения зависимостей коэффициента давления от угла вдоль поверхности большого круга сферы, полученные численным расчетом и в аэродинамической трубе [10] в условиях турбулентного обтекания

Fig. 12. Comparison of the pressure coefficient on the angle along the surface of a large range of areas obtained by numerical calculation and wind tunnel [10] in a turbulent flow

разовании появляются элементы симметрии, а картина течения во внешнем поле приближается к случаю обтекания шара дозвуковым потоком [6]. Факт несимметрии может быть объяснен струйным слиянием истекающего из протока воздуха. Начиная с интервала углов атаки 75–85 °, течение в протоке запирается вначале вихрем на входном участке, а при дальнейшем увеличении угла атаки – и на выходном из протока участке (рис. 8, 9).

Результаты численных расчетов коэффициентов аэродинамических сил тела с протоком ($d=1$) представлены на рис. 10. Отметим, что при малых углах атаки (до 10 °) проток обеспечивает снижение коэффициента продольной силы примерно в 2–3 раза по сравнению со сферой и, следовательно, снижение лобового сопротивления. В окрестности нулевого угла атаки (от –10 до 10 °) можно отметить наличие минимума лобово-

го сопротивления при $\alpha = 0$ и максимумов при $\alpha \pm 1^\circ$. Учитывая, что в отмеченном интервале значения локальных максимумов по отношению к минимуму составляет $\sim 23\%$, при проведении энергетических расчетов траектории на предпроектной стадии данным явлением можно пренебречь, однако для оценки динамических характеристик ЛА рассматриваемой конфигурации данное явление может быть существенным.

На участке от 0 до 85° коэффициент нормальной силы монотонно растет, достигая максимального значения порядка $0,65$. Отмеченные зависимости коэффициентов нормальной силы и продольной силы позволяют объяснить наличие немонотонности на графике коэффициента подъемной силы и его законопостоянство в интервале от 0 до 90° . В то же время, сравнительная малость значения коэффициента подъемной силы позволяет исключить его из рассмотрения долетных (падающих) траекторий продольной плоскости стрельбы, однако отмеченная знакопеременность как отмеченной функции, так и ее производной, может оказаться существенной при анализе реакции на порыв ветра и при исследовании режимов захода на посадку.

Наибольшего внимания заслуживает зависимость коэффициента момента тангажа от угла атаки, полученная в интервале углов атаки от 0 до 90° для центровки $0,5$. Как видно на рис. 11, упомянутая зависимость имеет два балансировочных угла атаки при $\alpha = 0$ и $\alpha = 45$, что требует самостоятельного рассмотрения вопросов о выборе органов стабилизации и месте их расположения с учетом сильно нелинейных зависимостей, отмеченных аэродинамических характеристик и наличия развитых отрывных зон на боковой поверхности рассматриваемого ЛА.

В целях подтверждения правильности результатов расчетов наряду с качественным сравнением результатов физических и вычислительных экспериментов было выполнено сравнение распределения давления по поверхности сферы в условиях дозвукового обтекания. На рис. 12 приведено сравнение распределения давления в продольном сечении сферы (в плоскости большого круга), за

эталон для сравнения были приняты экспериментальные данные работы [10].

Как видно на рис. 12, максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превосходит 8% , что позволяет сказать об определенной достоверности полученных в настоящей работе данных и о возможности их использования на этапе предпроектных оценок

Выводы

Для сферической модели с цилиндрическим протоком проведены численные расчеты аэродинамических характеристик (аэродинамических коэффициентов и картин течения) в интервале углов атаки от 0 до 90° для условий турбулентного дозвукового обтекания. Отмечены перестройки картин течения, связанные с трансформацией тороидальных вихревых образований, и струйного влияния протока для различных углов атаки. Получены зависимости суммарных аэродинамических коэффициентов, позволившие выявить возникновение неустойчивых режимов (нескольких балансировочных углов атаки, реверс подъемной силы и др.) и наметить подходы к выбору стабилизирующих устройств.

Численные расчеты аэродинамических характеристик выполнены с использованием пакета программ Fine-Open, разработанного фирмой Numeca. Достоверность полученных данных подтверждена сравнением с известными экспериментальными результатами.

Библиографический список

1. Галактионов, А.Ю. Пат. US8342442 Соединенные Штаты Америки. Advanced_airship_technologies. А.Ю./ Галактионов; заявл. 26.03.12; опубл. 03.12.12.
2. Маврицкий, В.И. О работах К.Э. Циолковского по дирижаблям. XXXVII научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развития идей К.Э. Циолковского / В.И. Маврицкий и др. – Калуга, 2002. – 109 с.
3. Циолковский, К.Э. Возможен ли металлический аэроплан? / К.Э. Циолковский // Наука и жизнь, 1893. – № 51–52.
4. Галактионов, А.Ю. Анализ влияния локальных изменений формы сегментально-конических тел на их аэродинамические характеристики / Галактионов А.Ю., Пашкина Е.О., Тузов И.В. // Космонавтика и ракетостроение. – 2010. – № 1(58). – С. 27–35.
5. Гольдберг, У.Г. Расчетные исследования отрывных течений на основе гибридной модели турбулентности, объединяющей ($k-L$)-модель и модель возвратного течения /

- У.Г. Гольдберг, С.Р. Чакраварти // Аэрокосмическая техника. – № 3. – 1991. – С. 18–23.
6. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Иностранная литература, 1956. – 528 с.
7. XL Гагаринские чтения // Науч. тр. Международной молодежной конференции в 9 т. – МАТИ, РГТУ им. К.Э. Циолковского. – М., 2014. – 288 с.
8. Флетчер, К. Вычислительные методы динамики жидкости. Т. 2. / К. Флетчер. – М.: Мир, 1991. – 552 с.
9. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1978. – 736 с.
10. Петров, К.П. Аэродинамика тел простейшей формы / К.П. Петров. – М.: Факториал, 1998. – 432 с.

THE NUMERICAL CALCULATION OF THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A SPHERICAL BODY WITH THE CHANNEL AT THE SUBSONIC SPEEDS

Yefremova M.Y., undergraduate MSFU; Krukov P.V., Leading Researcher TsNIIMash, Ph.D (Physical and Math.); Galaktionov A.Y., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)

emu92@yandex.ru, galakau@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia
Central Research Institute of Machine Building (FSUE TsNIIMash), 4, st. Pioneer, Korolev, Moscow region, 141070, Russia

Mathematical modeling of difficult jet- and slipstreams in the vicinities of a spherical body with an axial cylindrical channel at subsonic speeds has been made. As an object of research a spherical body with a channel, the physical modeling of which flow-around in aerodynamic stands is taken. This demanded using mathematical models of high level what numerical methods of the solution of the full equations of Navier-Stokes made for the computer. Aerodynamic characteristics of the sphere with an axial cylindrical opening («channel») have been received by the numerical solution of the full equations of Navier Stokes using the software package of Numeca. The dependences of aerodynamic coefficients of longitudinal and normal force, and the pitching moment from an angle of attack have been defined at Reynolds's number $Re = 2 \cdot 10^6$ for diameter of «channel» of $\bar{d} = d / R = 0,5$; for a subsonic flow, which is necessary for the predesign estimates of stabilization of the aeronautic aircraft. Numerical calculations of aerodynamic characteristics of a considered model have been executed in the range of attack angles from 0 to 90°. It is interesting to note the transformation of vortex educations in a back hemisphere. At the attack angles of approximately $\alpha = 0^\circ$ rather symmetric toroidal system is observed. At attack angles of 1° there were two toroidal establishments in the back hemisphere, corresponding to the gas of an external stream and one in the stream which has left an axial channel (the so-called internal vortex educations looking like the effects of instability of Reley-Taylor). With the further growth of an angle of attack (to 10° and above) vortex which appeared after withdrawal from $\alpha = 0^\circ$ break up in a turbulent trace, and the vortex toroidal establishments corresponding to a separation of the main stream on the sphere becomes asymmetrical. With an interval of attack angles of $70 - 80^\circ$ and more, there are symmetry elements in toroidal vortex establishments, and the stream picture in an external field comes nearer to a case of a sphere flow-around by a subsonic stream.

Keywords: Aerodynamic characteristics, Navier Stokes's equation, numerical methods, the sphere with a channel.

References

- Galaktionov A.U. *Advanced airship technologies*. Patent, The United States of America, no. US8342442, 2012.
- O rabotakh K.E. Tciolkovskogo po dirizhabliam. XXXVII nauchnye chteniia, posviashchenny'e razrabotke nauchnogo nasledia i razvitiia idei K.E. Tciolkovskogo* [About Tciolkovskiy's transactions of dirigibles. XXXVII science readings devoted to development of scientific heritage]. V.I.Mavritckii [at alias]. Kaluga: 2002. 109 p.
- Tciolkovskii K.E. *Vozmozhen li metallicheskii aerostat? Nauka i zhizn* [Is it possible to creat a metallic aerostat? Science and life]. № 51-52, 1893.
- Galaktionov A.U., Pashkina, E.O., Tuzov, I.V. *Analiz vliianiia lokalnykh izmenenii formy segmentalno-konicheskikh tel na ikh aerodinamicheskie harakteristiki. Kosmonavtika i raketostroenie* [The analysis of the influence of local mesuarings of objects which has a segmental canonical form to aerodynamic characteristics]. 2010, № 1(58). 27-35 p.
- Gol'dberg U.G., Chakravarti S.R. *Raschetnye issledovaniia otrvnykh techenii na osnove gibridnoi` modeli turbulentnosti, ob`ediniavushchei (k-L)-model i model vozvratnogo techeniia. Aerokosmicheskaiia tekhnika* [Calculating searchings of detached flows on the basis of the turbulence model mergeing (k-L)-model and model of the reverse flow] № 3, март 1991. pp. 18-23.
- Shlikhting G. *Teoriia pogranichnogo sloia* [Boundary-layer theory]. Moscow: Foreign literature. 1956. 528 p.
- Serdiukova N.I. *XL Gagarin'skie chteniia. Nauchnye trudy Mezhdunarodnoi molodezhnoi konferentsii v 9 t.* [XL Gagarin's Readings. Transactions of international young people's conference in 9 tomes]. Moscow, 2014. 288 p.
- Fletcher K. *Iychislitel'nye metody dinamiki zhidkosti* [Computational methods of flow dynamics], 1991. 552 p.
- Loi'tcianskii L.G. *Mehanika zhidkosti i gaza* [Mechanics of fluids], 1978. 736 p.
- Petrov, K.P. *Aerodinamika tel prostei'shei formy* [Aerodynamic of simple objects], 1998. 432 p.

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗВРАЩАЕМОГО АППАРАТА ПИЛОТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРАБЛЯ ПРИ ПОСАДКЕ НА ПОСАДОЧНОЙ ТВЕРДОТОПЛИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

И.С. ИЛЬЮЩЕНКО, инженер-математик ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева,
Л.А. ИЛЬЮЩЕНКО, МФТИ (ГУ)

ilivs@mail.ru, oasis93@mail.ru
ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева
Россия, 141070, Московская обл., г. Королёв, ул. Ленина, д. 4А
Московский физико-технический институт (ГУ)
141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9

В настоящее время в ОАО ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королева разрабатывается пилотируемый транспортный корабль нового поколения в рамках федеральной космической программы взамен ныне существующего «Союз ТМА». В возвращаемом аппарате (ВА) этого корабля предусмотрена парашютно-реактивная посадка на Землю, устраняющая недостатки парашютно-реактивной посадки «Союз ТМА», в т.ч.:

– большой разброс точки посадки при штатном спуске из-за большой высоты ввода парашютной системы (ПС), порядка (10,7 + 0,5) км, в отличие от планируемой высоты ввода ПС для пилотируемого транспортного корабля (ПТК) НП, порядка (4,5 + 0,5) км;

– невозможность компенсации горизонтальной скорости и управления угловым движением вокруг центра масс, что зачастую приводит к опрокидыванию спускаемого аппарата «Союз ТМА» на боковую поверхность, что исключает использование его корпуса для повторного полета.

Данная работа представляет собой исследование в области создания алгоритма управления парашютно-реактивной системой (ПРС) ВА ПТК с целью выполнения требований к параметрам для штатного срабатывания средств приземления.

Парашютно-реактивная система состоит из двух подсистем: самой ПС и посадочной твердотопливной двигательной установки (ПТДУ):

– парашютная система предназначена для снижения скорости возвращаемого аппарата до заданных значений на минимально необходимом перепаде высот, угловой стабилизации ВА;

– посадочная твердотопливная двигательная установка предназначена для создания силовых и моментных воздействий на ВА в процессе посадки для обеспечения: 1) гашения вертикальной и горизонтальной (ветровой) составляющих установившейся скорости движения ВА на парашютной системе; 2) управления движением относительно центра масс ВА; 3) выполнения требований к условиям на момент первого касания грунта по линейным и угловым скоростям, угловому положению ВА.

Ключевые слова: космос, возвращаемый аппарат, средства приземления, посадка

В данной статье был выстроен алгоритм управления парашютно-реактивной посадкой ВА ПТК НП для обеспечения безударного касания земной поверхности, что является одним из главных требований к средствам приземления ВА ПТК НП для обеспечения его многозадачности.

Для решения поставленной задачи, необходимо:

– выдать разовую команду на включение ПТДУ;

– выдать разовую команду на отстрел парашютов;

– определить постоянный уровень требуемой суммарной тяги и стабилизировать соответствующее давление в ПТДУ, управляя суммарной площадью критических сечений всех сопел в соответствии с алгоритмом разработчиков ПТДУ;

– дифференцированно управлять критическими сечениями восьми основных и четырех дополнительных сопел ПТДУ для создания требуемых тяг и моментов с целью гашения скорости ВА и приведения его в требуемое угловое положение к моменту касания грунта;

– по касанию вскрыть клапаны гашения тяги и закрыть все сопла ПТДУ.

Математическое построение аналитического решения

*Математическая постановка
решаемой задачи*

Перед включением ПТДУ при спуске возвращаемого аппарата на парашюте изменяются следующие параметры движения ВА:

– высота ВА над посадочной площадью H ,

– скорость снижения ВА V_B ,

– боковая скорость ВА $V_{Г-}$.

Высота и скорость снижения ВА изменяются и в процессе работы ПТДУ.

Требуется средствами ПТДУ одновременно погасить скорость снижения и боковую скорость на момент касания посадочной площадки, то есть при достижении $H = H_K$ должно быть $V_B = V_{BK}$ и $V_{Г-} = V_{ГК}$ (без учета методических погрешностей алгоритма и возмущающих факторов), где

H_K – расчетная высота (показания высотомера) на момент касания,

V_{BK} – расчетная скорость снижения при касании,

$V_{ГК}$ – расчетная боковая скорость при касании.

Далее будут использоваться следующие обозначения для искомых величин:

H_0 – высота включения ПТДУ,

R – суммарная сила тяги вдоль осей всех сопел ПТДУ,

R_8 – суммарная сила тяги вдоль осей восьми основных сопел,

R_4 – суммарная сила тяги вдоль осей четырех дополнительных сопел.

Принципы построения алгоритма гашения скорости

В описываемом ниже алгоритме решения задачи используются следующие параметры, которые считаются известными:

M – масса ВА ПТК НП,

g – ускорение свободного падения,

φ – угол отклонения осей основных сопел от продольной оси ВА,

α – угол отклонения осей дополнительных сопел от поперечной плоскости ВА.

Построение алгоритма основано на аналитическом решении модельной задачи о равноускоренном движении материальной точки постоянной массы под действием постоянного гравитационного ускорения и постоянной (как по величине, так и по направлению) тяги. Влияние парашюта после включения ПТДУ, отклонения посадочной площадки от горизонтальной плоскости, отклонения продольной оси ВА от вертикали и

ошибки ориентирования ВА дополнительными соплами против боковой скорости не учитываются.

Вертикальная W_B и горизонтальная $W_{Г-}$ составляющие полного ускорения выражаются в этом случае формулами

$$W_B = \frac{R_8 \cos \varphi + R_4 \sin \alpha}{M} - g, \quad W_{Г-} = \frac{R_4 \cos \alpha}{M}.$$

Обозначив через оставшееся до касания время, из условия гашения на момент касания скорости снижения получим

$$V_B - V_{BK} = W_B T.$$

А из условия гашения на момент касания боковой скорости получим

$$V_{Г-} - V_{ГК} = W_{Г-} T.$$

Откуда следует равенство

$$(V_{Г-} - V_{ГК}) W_B = (V_B - V_{BK}) W_{Г-}.$$

Используя выписанные выражения для компонент полного ускорения, получим уравнение, связывающее тяги R_4 и R_8 . Поскольку имеется второе уравнение, которое связывает R_4 и R_8 суммарной тягой $R = R_4 + R_8$, целесообразно выразить R_4 и R_8 через R

$$R_4 = (V_{Г-} - V_{ГК}) \frac{R \cos \varphi - Mg}{(V_B - V_{BK}) \cos \alpha + (V_{Г-} - V_{ГК}) (\cos \varphi - \sin \alpha)},$$

$$R_8 = R - R_4 = \frac{(V_B - V_{BK}) R \cos \alpha + (V_{Г-} - V_{ГК}) (Mg - R \sin \alpha)}{(V_B - V_{BK}) \cos \alpha + (V_{Г-} - V_{ГК}) (\cos \varphi - \sin \alpha)}.$$

Выражения для горизонтальной $W_{Г-}$ и вертикальной W_B составляющих полного ускорения после подстановки в них этих формул для R_4 и R_8 принимают вид

$$W_{Г-} = (V_{Г-} - V_{ГК}) \frac{R \cos \varphi / M - g}{(V_B - V_{BK}) + (V_{Г-} - V_{ГК}) (\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha},$$

$$W_B = (V_B - V_{BK}) \frac{R \cos \varphi / M - g}{(V_B - V_{BK}) + (V_{Г-} - V_{ГК}) (\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}.$$

Для времени T , соответственно, получим:

$$T = \frac{(V_B - V_{BK}) + (V_{Г-} - V_{ГК}) (\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}{R \cos \varphi / M - g}.$$

Само условие касания (достижения расчетной высоты касания H_K через время T) имеет вид

$$H_0 - V_B T + \frac{W_B T^2}{2} = H_K.$$

Исключая T из условия гашения скорости снижения при касании до расчетной, получим

$$V_B^2 - V_{BK}^2 = 2W_B (H_0 - H_K).$$

Что приводит к уравнению, связывающему высоту с суммарной тягой

$$H_0 - H_K = \frac{1}{R \cos \varphi / M - g} \frac{V_B^2 - V_{BK}^2}{2} \left(1 + \frac{V_\Gamma - V_{\Gamma K}}{V_B - V_{BK}} \frac{\cos \varphi - \sin \alpha}{\cos \alpha} \right).$$

Выписанные формулы относятся к задаче гашения скорости снижения и боковой скорости с помощью заранее выбранной тяги и ее распределения на основные и дополнительные сопла за один этап.

Рассмотрим теперь на этой основе задачу гашения скорости снижения и боковой скорости за два этапа: на первом этапе вся тяга создается только основными соплами (для «прослабления» строп парашюта), а дополнительные сопла подключаются на втором этапе (временем, требующимся для перераспределения тяги, пренебрегаем).

Обозначим:

H_1 – высота в момент перераспределения тяги;

V_1 – расчетная скорость снижения при перераспределении тяги;

T_1 – продолжительность первого этапа;

T_2 – продолжительность второго этапа;

$T = T_1 + T_2$ – время от включения ПТДУ до касания.

Тогда для первого этапа, на котором боковая скорость не гасится, получим

$$T_1 = \frac{V_B - V_1}{R \cos \varphi / M - g}, \quad H_0 - H_1 = \frac{1}{R \cos \varphi / M - g} \frac{V_B^2 - V_1^2}{2},$$

аналогично, для второго этапа имеем

$$T_2 = \frac{(V_1 - V_{BK}) + (V_\Gamma - V_{\Gamma K})(\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}{R \cos \varphi / M - g},$$

$$H_1 - H_K = \frac{1}{R \cos \varphi / M - g} \frac{V_1^2 - V_{BK}^2}{2} \left(1 + \frac{V_\Gamma - V_{\Gamma K}}{V_1 - V_{BK}} \frac{\cos \varphi - \sin \alpha}{\cos \alpha} \right).$$

Складывая полученные формулы, получим выражение для времени от включения ПТДУ до касания и искомую формулу для высоты включения ПТДУ

$$T = \frac{(V_B - V_{BK}) + (V_\Gamma - V_{\Gamma K})(\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}{R \cos \varphi / M - g},$$

$$H_0 - H_K = \frac{(V_B^2 - V_{BK}^2) + (V_\Gamma - V_{\Gamma K})(V_1 + V_{BK})(\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}{2(R \cos \varphi / M - g)}.$$

Формулировка алгоритма гашения скорости при посадке на ПТДУ

Алгоритм включения ПТДУ

В соответствии с описанными выше принципами команда на включение ПТДУ должна выдаваться при выполнении условия

$$H \leq H_0 = H_K + \frac{(V_B^2 - V_{BK}^2) + (V_\Gamma - V_{\Gamma K})(V_1 + V_{BK})(\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}{2(R \cos \varphi / M - g)} + V_B \tau,$$

где R – задаваемый уровень суммарной тяги (при этом $R_4 = 0$, $R_8 = R$);

τ – расчетное время задержки исполнения при наборе тяги.

Уровень суммарной тяги R должен выбираться с учетом того, чтобы в момент включения ПТДУ высота ВА измерялась с достаточной точностью (точность измерения высоты растет с уменьшением высоты, а высота включения ПТДУ уменьшается с увеличением тяги). Зафиксированные на момент включения величины скорости снижения и боковой скорости далее обозначаются соответственно как V_B и V_Γ .

Алгоритм перераспределения тяги

Требующиеся величины тяг на втором этапе определяются выражениями

$$R_4 = (V_\Gamma - V_{\Gamma K}) \frac{R \cos \varphi - Mg}{(V_1 - V_{BK}) \cos \alpha + (V_\Gamma - V_{\Gamma K})(\cos \varphi - \sin \alpha)},$$

$$R_8 = R - R_4.$$

Постоянный уровень суммарной тяги R (общий для обоих этапов) должен выбираться с учетом того, чтобы рассчитанное по этим формулам распределение тяги на основные и дополнительные сопла было физически реализуемо и чтобы тяга через основные сопла оставалась достаточно большой для обеспечения управления ориентацией ВА. Перераспределение тяги должно начинаться при выполнении условия $V \leq V_1$ или при выполнении условия

$$H \leq H_1 = H_K + \frac{(V_1^2 - V_{BK}^2) + (V_\Gamma - V_{\Gamma K})(V_1 + V_{BK})(\cos \varphi - \sin \alpha) / \cos \alpha}{2(R \cos \varphi / M - g)} + V_1 \tau_1,$$

либо если время от включения ПТДУ превысило величину

$$t = \frac{V_B - V_1}{R \cos \varphi / M - g} + \tau - \tau_1,$$

где τ_1 – расчетное время задержки при перераспределении тяги.

Алгоритм отключения ПТДУ

Вскрытие клапанов гашения тяги и закрытие всех сопел ПТДУ должно производиться по касанию грунта или при выполнении условия $V \leq V_K$.

Так как вариант с поддержанием достигнутой расчетной скорости снижения (в том числе вариант с зависанием) невозможен, поскольку тяговооруженность ВА значительно больше единицы даже при минимально допустимой тяге ПТДУ.

Введенные при формулировке алгоритма положительные константы должны выбираться по результатам моделирования.

Задача управления ориентацией ВА при посадке на ПТДУ

Посадочная площадка считается плоской, но может иметь наклон по отношению к местной горизонтальной плоскости. В процессе работы ПТДУ измеряются положение нормали к посадочной площадке и вектор угловой скорости ВА. Измерения производятся в связанном с ВА базисе, орт \vec{e}_x которого направлен вдоль продольной оси ВА в сторону днища; перпендикулярный ему орт \vec{e}_y , направлен в сторону противоположную тяги дополнительных сопел, а орт \vec{e}_z дополняет базис до правого. Далее считаются измеряемыми следующие параметры по трем каналам углового движения ВА.

По каналу тангажа:

ϑ_z – угол поворота вокруг \vec{e}_z , совмещающего орт проекции на плоскость XU нормали к посадочной площадке с ортом \vec{e}_x ;

ω_z – Z-компонента вектора угловой скорости ВА.

По каналу курса (рыскания):

ϑ_y – угол поворота вокруг \vec{e}_y , совмещающего орт проекции на плоскость XZ нормали к посадочной площадке с ортом \vec{e}_x ;

ω_y – Y-компонента вектора угловой скорости ВА.

По каналу крена:

ω_x – X-компонента вектора угловой скорости ВА.

Требуется средствами ПТДУ одновременно уменьшать углы и угловые скорости по всем трем каналам углового движения так, чтобы на момент касания отклонение продольной оси ВА от нормали к посадочной площадке и величины угловых скоростей не превышали заданных ограничений. По каналу крена ВА должен быть перед включением развернут в требуемое положение, задача изменения этого положения в процессе работы ПТДУ не ставится (требуется только гасить угловую скорость по крену).

Необходимо управлять угловым движением путем создания чистых моментов сил по всем трем каналам за счет дифференцированных поправок к тяге основных сопел ПТДУ. Далее будут использоваться следующие обозначения для искомых величин:

δR_z – поправка к тяге по каналу тангажа,

δR_y – поправка к тяге по каналу курса,

δR_x – поправка к тяге по каналу крена.

Принципы создания управляющих моментов ПТДУ

Создание управляющего момента по одному каналу углового движения (тангажа, курса или крена) обеспечивается за счет перераспределения расхода продуктов сгорания твердого ракетного топлива между четырьмя соплами путем изменения критического сечения каждого сопла без изменения суммарной площади критических сечений данной четверки сопел. Считается, что суммарная тяга вдоль осей всех сопел ПТДУ зависит только от суммарной площади критических сечений всех сопел ПТДУ, тяга каждого сопла прямо пропорциональна площади его критического сечения, а площадь критического сечения сопла прямо пропорциональна управляющему сигналу, выдаваемому СУДН в соответствующий электропривод.

Для создания управляющих моментов используются только восемь основных сопел ПТДУ, расположенных на боковой поверхности ВА под углом φ к продольной оси X ВА. Указанные 8 сопел образуют четыре пары. Линии действия тяг сопел каждой пары параллельны, что позволяет создавать чис-

тый момент сил путем увеличения силы тяги одного сопла с одновременным уменьшением на ту же величину силы тяги другого сопла пары. Векторы чистых моментов каждой из четырех пар проходят под углом φ к поперечной плоскости YZ ВА, причем два из них лежат в продольной плоскости XU ВА (I–III), а два других – в продольной плоскости XZ ВА (II–IV). Комбинируя моменты двух пар в плоскости XZ , можно получить чистый управляющий момент сил вокруг оси Z (по тангажу) или вокруг оси X (по крену). Аналогично, комбинируя моменты двух пар в плоскости XU , можно получить чистый управляющий момент сил вокруг оси Y (по курсу) или вокруг оси X (по крену). Таким образом, восьмерка основных сопел разбивается на тангажную и курсовую четверки, причем дополнительно с помощью каждой из этих четверок может осуществляться управление по каналу крена. Из-за наличия заметного возмущающего момента по тангажу (так называемого эксцентриситета тяги из-за смещения центра масс от продольной оси геометрической симметрии ВА в направлении оси Y) целесообразно использовать для создания управляющего момента по крену курсовую четверку сопел как основную, а тангажную четверку как дополнительную.

Рассмотрим связь между величиной поправки к тяге δR и величиной создаваемого момента сил M по каналу тангажа или курса. В результате сложения двух векторов (составляющих угол φ с требуемым направлением и симметрично расположенных относительно него) моментов одинаковой величины M_2 от двух пар сопел соответствующей четверки, получим, что $M = 2 M_2 \cos\varphi$. Величина момента M_2 , создаваемого парой сопел, равна произведению известного расстояния между линиями действия тяг сопел D на величину изменения тяги сопла δR относительно среднего уровня тяги используемой четверки сопел $M_2 = D \delta R$. В результате имеем $\delta R = M / 2 D \cos\varphi$.

Аналогичная формула для канала крена отличается только заменой в знаменателе $\cos\varphi$ на $\sin\varphi$.

В принципе имеется возможность создания чистого момента сил и с помощью че-

тырех дополнительных сопел ПТДУ. Но расстояния между линиями действия тяг в парах дополнительных сопел в несколько раз меньше, а направление создаваемого момента не позволяет использовать его для управления в канале крена без создания возмущающего момента в канале курса. Кроме того, отказаться от управления по крену с помощью основных сопел все равно нельзя, поскольку дополнительные сопла работают не все время; кроме того, гашение угловой скорости по крену может потребоваться и при отсутствии боковой скорости, когда дополнительные сопла вообще не используются.

Принципы построения алгоритма угловой стабилизации

В описываемом ниже алгоритме решения задачи используются следующие параметры, которые считаются известными:

J_x – центральный момент инерции ВА ПТК НП вокруг оси X ,

J_y – центральный момент инерции ВА ПТК НП вокруг оси Y ,

J_z – центральный момент инерции ВА ПТК НП вокруг оси Z .

Управление угловым движением производится по трем каналам, взаимосвязи между которыми при построении алгоритма управления не учитываются.

Построение алгоритма стабилизации по каналам тангажа и курса основано на решении задачи стабилизации по углу ϑ и угловой скорости ω с помощью управляющего момента сил M для модельной системы уравнений углового движения (J – момент инерции для соответствующего канала)

$$\dot{\vartheta} = \frac{d\vartheta}{dt} = \omega, \quad \ddot{\vartheta} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M}{J}.$$

Приведение из начального положения в начало координат фазовой плоскости ($\vartheta = 0, \dot{\vartheta} = 0$) с помощью постоянного момента M в общем случае невозможно. Учитывая требование гладкой и простой зависимости момента от угла и угловой скорости, будем строить управление в виде

$$M = -k_\vartheta \vartheta - k_\omega \omega,$$

где k_ϑ и k_ω – постоянные коэффициенты обратной связи по углу и угловой скорости.

В результате рассматриваемые уравнения движения для одного канала управления угловым движением сводятся к одному линейному дифференциальному уравнению второго порядка с постоянными коэффициентами

$$\ddot{\vartheta} + \frac{k_{\omega}}{J} \dot{\vartheta} + \frac{k_{\vartheta}}{J} \vartheta = 0.$$

Это уравнение не имеет в общем случае решения, приводящего за конечное время в начало координат фазовой плоскости, но имеет устраивающее нас решение, представляющее собой при выполнении условий:

$$k_{\omega} > 0 \text{ и } k_{\vartheta} > k_{\omega}^2/4J.$$

Данное решение представляет собой затухающий колебательный процесс, сходящийся к положению с нулевым углом и угловой скоростью

$$\vartheta = e^{-\lambda t} \left(\vartheta_0 \cos \Omega t + \frac{\lambda \vartheta_0 + \omega_0}{\Omega} \sin \Omega t \right),$$

$$\omega = e^{-\lambda t} \left(\omega_0 \cos \Omega t + \frac{\lambda \omega_0 + (\Omega^2 + \lambda^2) \vartheta_0}{\Omega} \sin \Omega t \right),$$

где

$$\lambda = k_{\omega}/2J, \Omega = \sqrt{\frac{k_{\vartheta}}{J} - \lambda^2}.$$

Чтобы процесс имел требуемые частоту и коэффициент затухания, коэффициенты обратной связи по углу и угловой скорости должны быть следующими

$$k_{\vartheta} = J(\lambda^2 + \Omega^2), k_{\omega} = 2J\lambda.$$

Выбирая

$$\lambda = \Omega = \pi/2T_0,$$

где T_0 – характерное время процесса, получим:

$$\vartheta|_{t=T_0} = e^{-\frac{\pi}{2}} \left(\vartheta_0 + \frac{2}{\pi} \omega_0 T_0 \right), \omega|_{t=T_0} = e^{-\frac{\pi}{2}} \left(\omega_0 + \frac{\pi}{2} \frac{\vartheta_0}{T_0} \right).$$

Выбранные параметры обеспечивают достаточно эффективное гашение начальных отклонений по углу ϑ_0 и угловой скорости ω_0 (за счет масштабного множителя $e^{-\pi/2} \approx 0,135$) и отсутствие перерегулирований (за счет того, что характерное время процесса составляет четверть периода колебаний). В качестве времени T_0 целесообразно использовать оценку времени от включения ПТДУ до касания грунта.

Алгоритм стабилизации по каналу крена можно попытаться построить на ос-

нове имеющегося решения задачи гашения угловой скорости ω до нуля с помощью постоянного управляющего момента сил M для модельного уравнения углового движения (J – момент инерции)

$$\dot{\omega} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M}{J}.$$

Обозначив через T оставшееся до гашения угловой скорости время, получим выражение для требуемого момента сил

$$M = (-J/T) \omega,$$

которое вырождается при $T \rightarrow 0$. Поэтому, с учетом требования гладкой и простой зависимости момента от угловой скорости, будем строить управление в виде

$$M = -k_{\omega} \omega,$$

где k_{ω} – постоянный коэффициент обратной связи по угловой скорости.

В этом случае дифференциальное уравнение движения

$$\dot{\omega} + (k_{\omega}/J) \omega = 0$$

имеет при $k_{\omega} > 0$ устраивающее нас затухающее решение

$$\omega = \omega_0 e^{-\lambda t}, \text{ где } \lambda = k_{\omega}/J.$$

Выбирая (тот же, что и для других каналов) параметр:

$$\lambda = \pi/2T_0,$$

где T_0 – характерное время процесса, получим

$$\omega|_{t=T_0} = \omega_0 e^{-\pi/2}.$$

То есть достаточно эффективное гашение начальной угловой скорости по крену. В качестве времени T_0 здесь также целесообразно использовать оценку времени от включения ПТДУ до касания грунта.

Формулировка алгоритма угловой стабилизации

Алгоритм стабилизации по тангажу

В соответствии с описанными выше принципами поправка к тяге по каналу тангажа вычисляется следующим образом. Сначала вычисляется оценка требуемой поправки к тяге

$$\delta R_z^* = \frac{-k_{\vartheta_z} \vartheta_z - k_{\omega_z} \omega_z - M_e}{2D \cos \varphi}, \quad k_{\vartheta_z} = \frac{\pi^2 J_z}{4T_0^2}, \quad k_{\omega_z} = \frac{\pi J_z}{T_0},$$

$$T_0 = \frac{(V_B - V_{BK}) + (V_T - V_{TK})(\cos \varphi - \sin \alpha)/\cos \alpha}{R \cos \varphi / M - g},$$

$$M_e = Y_T R_{\vartheta} \cos \varphi.$$

Здесь помимо обратной связи по углу и угловой скорости в явном виде компенсируется момент сил, вызванный эксцентриситетом тяги R_8 основных сопел, Y_T – известное смещение центра масс ВА от оси симметрии расположения основных сопел ПТДУ. Время T_0 вычисляется по величинам вертикальной V_B и горизонтальной V_T составляющих скорости ВА, зафиксированных к моменту выдачи команды на включение ПТДУ. Если вычисленная оценка поправки к тяге δR_z^* допустима, то она и задается как требующаяся поправка к тяге по каналу тангажа δR_z . Если вычисленная оценка поправки к тяге δR_z^* нереализуема, то вычисляется максимально допустимая поправка того же знака, что и δR_z^* , которая и берется в качестве требующейся поправки к тяге по каналу тангажа δR_z .

Ограничение на допустимую величину поправки к тяге связано с тем, что для ее реализации необходимо в двух соплах тангажной четверки увеличить критические сечения, а в двух других – уменьшить на ту же величину относительно средней площади критического сечения основных сопел. В зависимости от средней площади критического сечения основных сопел (зависящей от суммарных тяг R_4 и R_8 основных и дополнительных сопел) рассматриваемое ограничение достигается, когда два сопла тангажной четверки полностью закрываются или когда два других сопла полностью открываются.

Алгоритм стабилизации по курсу

Оценка требуемой поправки к тяге по каналу курса вычисляется аналогично соответствующей оценке для канала тангажа, но без учета поправки на эксцентриситет тяги, поскольку центр масс ВА расположен в плоскости XY (без учета разброса)

$$\delta R_y^* = \frac{-k_{\vartheta_y} \vartheta_y - k_{\omega_y} \omega_y}{2D \cos \varphi}, \quad k_{\vartheta_y} = \frac{\pi^2 J_y}{4T_0^2}, \quad k_{\omega_y} = \frac{\pi J_y}{T_0}.$$

Если вычисленная оценка поправки к тяге δR_y^* допустима, то она и задается как требующаяся поправка к тяге по каналу курса δR_y . Если вычисленная оценка поправки к тяге δR_y^* нереализуема, то вычисляется максимально допустимая поправка того же знака, что и δR_y^* , которая и берется в качестве требу-

ющей поправки к тяге по каналу курса δR_y .

Ограничение на допустимую величину поправки к тяге связано с тем, что для ее реализации необходимо в двух соплах курсовой четверки увеличить критические сечения, а в двух других – уменьшить на ту же величину относительно средней площади критического сечения основных сопел. В зависимости от средней площади критического сечения основных сопел (зависящей от суммарных тяг R_4 и R_8 основных и дополнительных сопел) рассматриваемое ограничение достигается, когда два сопла курсовой четверки полностью закрываются или когда два других сопла полностью открываются.

Алгоритм стабилизации по крену

Оценка требуемой поправки к тяге по каналу крена вычисляется с учетом отсутствия обратной связи по углу и изменившегося угла между векторами моментов от пар сопел

$$\delta R_x^* = \frac{-k_{\omega_x} \omega_x}{2D \sin \varphi}, \quad k_{\omega_x} = \frac{\pi J_x}{T_0}.$$

Если вычисленная оценка поправки к тяге δR_x^* допустима, то она и задается как требующаяся поправка к тяге по каналу крена δR_x . Если вычисленная оценка поправки к тяге δR_x^* нереализуема, то вычисляется максимально допустимая поправка того же знака, что и δR_x^* , которая и берется в качестве требующейся поправки к тяге по каналу крена δR_x .

При расчете ограничения на допустимую величину поправки к тяге здесь необходимо учитывать следующие обстоятельства. В качестве основной четверки сопел для управления по крену используется курсовая четверка. Для создания управляющего момента по крену необходимо в двух соплах курсовой четверки увеличить критические сечения, а в двух других уменьшить по сравнению с теми значениями, которые рассчитаны из условия обеспечения требуемой суммарной тяги и требуемой поправки к тяге по каналу курса. Но из тех двух сопел, в которых нужно уменьшить критическое сечение для создания момента по крену, и тех двух сопел, в которых нужно уменьшить критическое сечение для создания момента по курсу, одно будет об-

щим. Аналогично, при распределении тяги по соплам курсовой четверки для одновременного создания моментов по курсу и крену в одном из четырех сопел придется увеличить критическое сечение как за счет требуемой поправки по каналу курсу, так и за счет рассчитываемой поправки по каналу крена. В зависимости от средней площади критического сечения основных сопел и требуемой курсовой поправки к тяге δR_y , ограничение на величину дополнительной поправки к тяге для создания момента по крену курсовой четверкой достигается, когда одно сопло курсовой четверки полностью закрывается или полностью открывается. Если это ограничение достигнуто, то дополнительно для создания управляющего момента по крену задействуется тангажная четверка, для которой имеется аналогичное ограничение. Вычисленная оценка поправки к тяге δR_x^* считается нереализуемой, если исчерпаны возможности увеличения чистого момента соответствующего знака по каналу крена с использованием как курсовой, так и тангажной четверок сопел.

Библиографический список

1. Брюханов, Н.А. На смену славно потрудившемуся «Союзу» / Н.А. Брюханов. // Инженерная газета «Индустрия», август 2009. – № 25–26. – С. 1491–1492.
2. Ильющенко, И.С. Постановка задачи стабилизации возвращаемого аппарата типа «фара» при спуске в атмосфере Земли / И.С. Ильющенко, Л.А. Денисова. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 2. – С. 179–182.
3. Охоцимский, Д.Е. Основы механики космического полета / Д.Е. Охоцимский, Ю.Г. Сихарулидзе. – М.: Наука, 1990. – 448 с.
4. Айзерман, М.А. Классическая механика / М.А. Айзерман. – М.: Наука, 1980. – 368 с.
5. Александров, С.Г. Советские спутники и космические корабли / С.Г. Александров, Р.Е. Федоров. – М.: АН СССР, 1961 – 440 с.
6. Келдыш, М.В. Избранные труды. Ракетная техника и космонавтика / М.В. Келдыш. – М.: Наука, 1988. – 496 с.
7. Охоцимский, Д.Е. Алгоритм управления космическим аппаратом при входе в атмосферу. / Д.Е. Охоцимский, Ю.Ф. Голубев, Ю.Г. Сихарулидзе – М.: Наука, 1975. – 400 с.
8. Охоцимский, Д.Е. К теории движения тела с полостями, частично заполненными жидкостью / Д.Е. Охоцимский // Прикладная математика и механика. – 1956. – Т. 20. – № 1. – С. 3–20.
9. Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов / Ю.Г. Сихарулидзе – М.: Наука, 1982. – 352 с.
10. Чуркин В.М. Динамика связанных тел в задачах движения парашютных систем / О.В. Рысев, А.А. Вишняк, В.М. Чуркин, Ю.Н. Юрцев – М.: Машиностроение, 1992. – 288 с.

BUILDING CONTROL ALGORITHM OF REENTRY VEHICLE MANNED TRANSPORT VEHICLE AT LANDING ON A LANDING SOLID-FUEL PROPULSION SYSTEM

И'ушченко I.S., S.P. Korolev Rocket and Space Corporation «Energia»; И'ушченко L.A., Moscow Institute of Physics and Technology

ilivs@mail.ru, oasis93@mail.ru

S.P. Korolev Rocket and Space Corporation «Energia», 4A Lenin Street, Korolev, Moscow area, 141070, Russia
 Moscow Institute of Physics and Technology, 9 Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141700, Russia

Currently, the JSC Rocket and Space Corporation Energia named after S. P. Korolev is developing a manned transport spacecraft of a new generation within the framework of the Federal space program instead of the current «Soyuz TMA». The RV of this spacecraft is provided with the parachute-rocket landing on Earth, which solves the problems of the parachute-rocket landing of the «Soyuz TMA»:

– large scatter of landing points at normal descent caused by the high altitude input of PS, approximately of (10,7 + 0,5) km, in contrast with the proposed height of PS input for MTS NG, approximately of (4,5 + 0,5) km;

– inability to compensate of the horizontal velocity and angular motion control around the mass centers, which often leads to the overturning of the descent vehicle «Soyuz TMA» on the lateral surface, which eliminates the use of his body for re-flight.

This work is a research in the field of the control algorithm parachute-rocket system (PRS) of the reentry vehicle (RV) of the manned transport spacecraft (MTS) in order to comply with the parameters for normal operation means of landing.

The parachute-rocket system consists of two subsystems: the parachute system (PS) and solid-fuel propulsion system (SFPS):

– the parachute system is designed to reduce the speed of the reentry vehicle to the assigned values at the minimum required vertical drop, RV angular stabilization;

– landing solid-fuel propulsion system is designed to produce power and torque effects on the RV during landing in order to achieve:

– extinction of the vertical and horizontal (wind) components of steady speed at the RV with the parachute system,

– motion control relatively to the center of the RV mass;

– compliance to the conditions at the time of first contact with the ground on linear and angular velocity, the angular position of the RV.

Keywords: space, reentry vehicle, landing arrangements, landing.

References

1. Bryukhanov N.A. *Na smenu slavno potrudivshemusya «Soyuzu»* [In place nicely bothered «Union»] Engineering newspaper «Industry», August 2009. № 25-26. pp. 1491-1492.
2. Il'yushchenko I.S., Denisova L.A. *Postanovka zadachi stabilizatsii vozvrashchaemogo apparata tipa «fara» pri spuske v atmosfere Zemli* [Statement of the problem of stabilization of the recovery vehicle type «spotlight» the descent into the Earth's atmosphere] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik. 2013. № 2. pp. 179–182.
3. Okhotsimskiy D.E., Sikharulidze Yu.G. *Osnovy mekhaniki kosmicheskogo poleta* [Fundamentals of spaceflight mechanics]. Moscow: Nauka, 1990. 448 p.
4. Ayzerman M.A. *Klassicheskaya mekhanika* [Classical mechanics]. Moscow: Nauka, 1980. 368 p.
5. Aleksandrov S.G., Fedorov R.E. *Sovetskie sputniki i kosmicheskie korabli* [Soviet satellites and spaceships]. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1961. 440 p.
6. Keldysh M.V. *Izbrannye trudy. Raketnaya tekhnika i kosmonavtika* [Selected Works. Rocketry and astronautics]. Moscow: Nauka, 1988. 496 p.
7. Okhotsimskiy D.E., Golubev Yu.F., Sikharulidze Yu.G. *Algoritm upravleniya kosmicheskim apparatom pri vkhode v atmosferu* [The control algorithm spacecraft during re-entry]. Moscow: Nauka, 1975. 400 p.
8. Okhotsimskiy D.E. *K teorii dvizheniya tela s polostyami, chastichno zapolnennymi zhidkost'yu* [On the theory of motion of a body with a cavity partially filled with liquid] Applied Mathematics and Mechanics. 1956. V. 20. № 1. pp. 3-20.
9. Sikharulidze, Yu.G. *Ballistika letatel'nykh apparatov* [Ballistics aircrafts]. Moscow: Nauka, 1982. 352 p.
10. Churkin V.M., Rysev O.V., Vishnyak A.A., Yurtsev Yu.N. *Dinamika svyazannykh tel v zadachakh dvizheniya parashyutnykh sistem* [Dynamics related bodies in the problems of traffic parachute systems]. Moscow: Mashinostroenie [Engineering], 1992. 288 p.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ

С.И. СЕВЕРСКИЙ, инженер-аналитик, ОАО «НТЦ «Комплексные модели»,

Н.В. МАЛЫШЕВА, доц. каф. ИТвЛС МГУЛ, канд. геогр. наук,

И.Б. ПЬЯНКОВ, генеральный конструктор, ОАО «НТЦ «Комплексные модели»

nat-malysheva@yandex.ru, svseversky@gmail.com, piankov@ntccm.ru

ОАО «НТЦ «Комплексные модели», 125315, г. Москва, Ленинградский проспект д. 68 стр. 2.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Одной из системных проблем, мешающих развитию лесного хозяйства, является недостаточная актуальность и достоверность данных о лесах, их количественных и качественных характеристиках. Разрабатываемые в отрасли информационные системы направлены в первую очередь на автоматизацию деятельности самого Федерального агентства лесного хозяйства и не рассматривают в качестве приоритетной области автоматизацию сбора исходной лесотаксационной информации для подготовки первичных документов (карточка таксации, таксационные описания, планы лесоустройства, планы лесонасаждений). Обосновано, что главным объектом автоматизации в отрасли должны стать структурные и территориальные подразделения Рослесхоза, обеспечивающие получение и обработку первичной лесотаксационной информации. Проведен анализ опытных работ, выполненных отраслевыми организациями и ведущими компаниями-интеграторами (Совзонд, ДАТА+ и др.) в рамках коммерческих проектов, которые предлагают решения по автоматизации отдельных звеньев технологии сбора первичных данных. Предложено комплексное решение проблемы получения актуальной лесотаксационной информации по материалам дистанционного зондирования, их обработки в единой программной среде, формирования баз геопространственных данных, обеспечение доступа через веб-сервисы. Подготовлен технический проект создания программно-аппаратного комплекса «Лесной дозор». Описан функционал каждой из подсистем комплекса и решаемые задачи на каждом этапе единой технологии, от получения первичных лесотаксационных данных до просмотра объектов управления лесами через публичный Интернет-ресурс.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, государственный лесной реестр, лесоустройство, данные дистанционного зондирования, автоматизированное рабочее место (АРМ), интерактивная карта, веб-сервисы.

Внедрение информационно-телекоммуникационных технологий в практику управления лесными ресурсами – объективный процесс, которому нет альтернативы. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в любой предметной области имеют целью сделать информацию

– актуальной, т.е. соответствующей определенному моменту времени;

– полной, т.е. дающей исчерпывающую картину;

– достоверной, т.е. подтвержденной экспериментальными данными и поддающейся проверке на повторяемость и стабильность результатов;

– наглядной, т.е. позволяющей легко делать необходимые умозаключения для последующей реализации в практической деятельности.

ИКТ при этом должны обеспечивать получение и обработку информации в полуавтоматическом или автоматическом режиме, представление ее пользователям в удобной и отвечающей нормативным требованиям форме для выработки обоснованных и взвешенных решений.

Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020г., утвержденная совместным приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 31 октября 2008 г. [1], признает наличие ряда системных проблем в сфере лесного хозяйства. Одна из важнейших – недостаточная точность учета лесных ресурсов, т.е. нехватка достоверных и актуальных данных о лесах, их количественных и качественных характеристиках. Недостатки лесного планирования на федеральном, региональном и местном уровне во многом производны от недостоверных данных, положенных в основу их подготовки.

Эта системная проблема мешает развитию арендных отношений в лесном хозяйстве, повышению эффективности работы отрасли, ее рентабельности и инвестиционной привлекательности всего лесного комплекса в целом. Исполнение действующей Государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства на период 2013–2020 гг.» [2] предусматривает ряд мер по поддержке на актуальном уровне информационного обеспечения для управления лесами и устранения недостатков лесного планирования. Эти меры направлены, в первую очередь, на содействие систематизации данных о лесных ресурсах для формирования государственного лесного реестра (ГЛР) [3], свода документированной информации о лесах, об их использовании, охране, защите и воспроизводстве [4].

Данные ГЛР – информационная составляющая автоматизированной информационной системы государственного лесного реестра (АИС ГЛР). АИС ГЛР, как следует из технического регламента ее опытной эксплуатации, представляет собой единое программное обеспечение, обеспечивающее *внесение информации государственного лесного реест-*

ра. Важно подчеркнуть, что вопрос об актуальности, полноте, достоверности данных ГЛР не обсуждается. Напротив, приказом № 10 Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза) от 22.01.2013 [5] определено, что источниками информации для внесения данных в АИС ГЛР являются следующие документы:

«... 2.1. Данные государственного учета лесного фонда по состоянию на 01.01.2007 или данные учета лесного фонда по состоянию на 01.01.2003 года в случае их отсутствия.

2.2. Данные государственного лесного реестра за предыдущий период...»

Таким образом, открыто признается, что вопрос об актуализации информации не считается приоритетным. В то время как данные, внесенные в ГЛР, имеют различный срок давности, а их сбор и систематизация требуют существенных затрат. Зачастую эти данные противоречивы, т.к. в основе опираются на материалы лесоустройства, а его объемы резко снизились.

Становится очевидным, что позитивное стремление внедрить ИКТ в систему управления лесами *не нацелено на реализацию ни одного из ее обязательных элементов* в любой предметной области. Данные, введенные в АИС ГЛР, будут преобразованы только в иную электронную форму, но от этого не станут ни актуальными, ни достоверными, ни полными. Задача, решаемая АИС ГЛР, – автоматизация процессов внесения информации государственного лесного реестра уполномоченными органами государственной власти субъектов РФ и ее обобщения на уровне Федерального агентства лесного хозяйства [6].

АИС ГЛР уже эксплуатируется в опытном режиме [5, 6] и изначально рассматривалась как самостоятельная часть (подсистема) Единой автоматизированной информационной системы Федерального агентства лесного хозяйства (ЕАИС Рослесхоза). Анализ технического задания на разработку ЕАИС показывает, что предлагаемая система направлена, в основном, на автоматизацию деятельности самого агентства, его документооборота и сбора консолидированной отчетности. Разумеется, работа управленческого аппарата требует модернизации, но при этом смело можно утверж-

дать, что подобная автоматизация не станет ни решающим фактором повышения эффективности отрасли, ни научно-технологическим прорывом в ИКТ.

Заявленная подсистема управления лесными ресурсами ЕАИС, назначение которой – содействие выработке и принятию решений по реализации стратегических целей России в части лесных ресурсов, также будет опираться на исходную информацию, производную от лесоустроительной с разными сроками давности.

В настоящее время площадь лесов, давность лесоустройства которых не превышает нормативную – 10 лет – составляет не более 20 % (Выступление Председателя Комитета Государственной Думы по природным ресурсам В.И. Кашина на Всероссийском совещании в Минприроды 6.03.2014).

При общей площади лесов, на которой необходимо проведение лесоустройства, порядка 300–400 млн га, получение актуальной информации ежегодно потребуется на площади около 30–40 млн гектаров [3]. Согласно «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г.», предполагается, что ежегодные объемы лесоустройства (в части работ по таксации с одновременным проектированием мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов в зоне интенсивного использования лесов и ведения лесного хозяйства) должны составлять как минимум 20–25 млн га.

Оценку современного состояния лесоустройства России дала Первая международная конференция «Проблемы лесоустройства и государственной инвентаризации лесов» (3–4 февраля 2009 г.) [7]. На конференции было озвучено, что лесоустройство в значительной степени утратило производственный и кадровый потенциал. Сегодня в России осталось всего менее 1000 полевиков инженеров-таксаторов. Такой коллектив позволяет проводить лесоучетные работы (согласно нормативам) на площади не более чем 10–15 млн га в год. За 10 лет при существующем подходе и с существующим штатом таксаторов можно поддерживать актуальность информации о лесах на площади порядка 100 млн га. Однако се-

годня большинство полевиков уже заняты в работах по государственной инвентаризации лесов и выполнять потребные производственные объемы лесоустройства просто некому. Поэтому в планах работ по лесоустройству на 2014 г. приводится более реальная цифра – 6 млн га, вместо необходимых 30–40 млн га. Отсюда можно заключить, что площади лесов с давностью лесоустройства, перекрывающей нормативную, будут возрастать, а предполагаемый объем финансирования таксационных работ согласно «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г.» не позволит решить поставленные задачи наземными методами таксации. Недостаточные объемы выполнения лесоустроительных работ не позволят актуализировать таксационные и картографические базы данных предыдущего лесоустройства и, соответственно, вести полноценный государственный лесной реестр.

Таким образом, неполноценность информации, внесенной в АИС ГЛР и ЕАИС Рослесхоза, ставит под вопрос целесообразность автоматизации работ, поскольку сбор исходной лесотаксационной информации для подготовки первичных документов (карточка таксации, таксационные описания, планшеты лесоустройства, планы лесонасаждений) вынесен за рамки ЕАИС.

Главным *объектом автоматизации*, на наш взгляд, должно стать получение первичной таксационной информации. Как уже говорилось выше, существующая численность полевиков-таксаторов, которые могут быть привлечены к лесоустройству, как минимум в четыре-пять раз ниже самим же Рослесхозом обозначенной потребности. Решить вопрос путем подготовки и переподготовки кадров вряд ли представляется возможным без существенного роста заработной платы работников этой специальности. Выход – кратное увеличение производительности труда существующего персонала путем внедрения технологий дистанционного зондирования (ДЗЗ) и соответствующего программного обеспечения для получения исходной лесотаксационной информации и обработки данных в единой программной среде. Причем, просто использо-

вание того или другого ПО для обработки данных ДЗЗ проблемы никоим образом не решают. Без создания единой технологии, каждый элемент которой можно легко верифицировать с помощью тех же ДЗЗ и ПО более высокого уровня, без проверки на актуальность в режиме on-line, без комплексной обработки лесоустроительной информации и формирования баз геопространственных данных на повыведельном уровне, обеспечения доступа к базам данных через Web-сервисы и т.д. не удастся решить проблему системно.

Предложенный подход концептуально отличается от того, что был взят за основу создания ЕАИС [8] и который можно для краткости охарактеризовать как внедрение ИКТ «сверху–вниз».

Сотрудничающие с организациями Рослесхоза ведущие коммерческие компании Совзонд, Дата+, СКАНЭКС, которые специализируются на поставке готовых решений в области обработки данных ДЗЗ, адаптации пакетов программ для создания геопорталов, на сопровождении отраслевых и территориальных проектов на основе пространственных данных и веб-сервисов, предлагают решения по автоматизации отдельных звеньев технологии сбора первичных данных. Так, например, разработка мобильного АРМ лесничего на базе ОС Android, представленная компанией Совзонд [9], или более амбициозный проект создания геопортала «Леса России» этой же компании [10]. В рамках последнего проекта представлен *прототип* геопортала для внутреннего контура информационной системы Рослесхоза с возможностью визуализации различной тематической информации о состоянии и использовании лесов. Однако ни один из представленных проектов не решает задачу получения и систематизации первичных таксационных данных или решает ее частично, как в случае с АРМ лесничего [9] или поисковыми работами по применению радиолокационных изображений для мониторинга лесов [11].

Позитивным примером разработки технологии «снизу–вверх», т.е. от сбора первичных данных к обработке и систематизации агрегированной информации о лесах региона, может служить инновационная деятельность

подведомственной Рослесхозу организации «Севзаплеспроект», филиала ФГУП Рослесинфорг. Здесь подошли к решению проблемы системно и приступили к возрождению методов дешифрирования аэрофотоснимков для таксации лесов на базе современных технических средств и информационных технологий. В 2013 г. проведены эксперименты на территории одного участкового лесничества Ленинградской области по разработке новой технологии таксации лесов методом дешифрирования цифровых аэроснимков, полученных камерой АЗ С1R, с использованием фотограмметрического комплекса Vision Map АЗ, модуля Photomod StereoMeasure (компания Ракурс), программного комплекса Единой системы автоматизированного учета лесов (ЕСАУЛ) и получены положительные результаты. Поисковые работы показали, что дистанционные цифровые съемки и программно-аппаратные комплексы нового поколения позволяют разработать высокопроизводительную технологию таксации лесов дешифровочным способом, по точности определения основных таксационных показателей древостоев (состав, средняя высота, возраст, запас и др.), не уступающей нормативной точности наземной глазомерной таксации [12, 13].

Нужно понимать, что использование данных дистанционного зондирования не делает получение первичной информации дешевле, чем работа таксатора в полевых условиях, особенно на начальном этапе применения новой технологии. Показательный пример – выполненные работы по сравнению двух методов таксации лесов – классического наземного и дешифровочного (фотограмметрического), проведенные сотрудниками Института лесного хозяйства Хорватии [14]. Исследования, подтвержденные экспериментально, показали, что использование цифровых аэрофотоснимков с высоким пространственным разрешением (порядка 30 см) позволяет получать исходные данные с нормативной точностью, сопоставимой с точностью наземной таксации и с высокой достоверностью. Экономический анализ стоимости двух методов – наземной таксации и аналитико-измерительного дешифрирования материалов цифровой аэросъемки – показал, что стоимость работ вторым методом

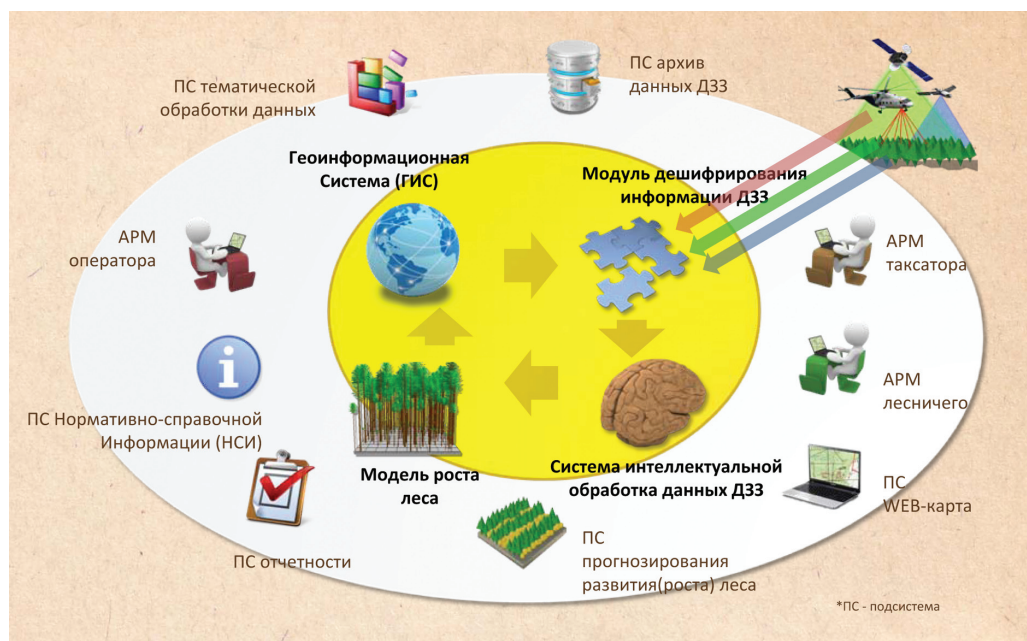


Рисунок. Укрупненная архитектура ПАК «Лесной дозор»
 Fig. The integrated architecture of the PAC «Forest Watch»

выше на 26 %. Однако, как доказали исследователи, исходные затраты на закупку аппаратуры и программного обеспечения окупятся после выполнения работ на площади, превышающей 5000 га. Сравнение дневных норм выработки обоими методами подтвердило, что производительность труда при дешифрировании снимков в 2,4 раза выше.

Еще одна технология, перспективная для получения актуальных и достоверных лесотаксационных данных – лазерное сканирование. Это эффективный и высокоточный, но, особенно на первом этапе, затратный метод получения данных о количественных характеристиках лесов [15]. С применением методик лазерного сканирования стоимость обследования 1 га леса, как минимум в начальном этапе, вырастет в 1,5–3 раза.

Приведенные положительные примеры и выполненные разработки все же носят поисковый характер, на практике массовое применение данных дистанционного зондирования основано на визульно-инструментальных методах дешифрирования [16]. Процесс создания таксационных описаний по первичным таксационным данным по-прежнему остается недостаточно автоматизированным, рутинным и достаточно медленным. Смысл внедрения технологий ДЗЗ не столько в удешевлении по-

лучения материалов таксации лесов, сколько в увеличении производительности труда и, прежде всего, в обеспечении *актуальности* полученной информации. Кроме того, информация, полученная методами дистанционного зондирования, поддается проверке на достоверность, что является обязательной составляющей ИКТ.

При внедрении ИКТ следует понимать, что каждое звено технологической цепочки само по себе не несет ни глобальной автоматизации, ни удешевления (чаще – наоборот: аппаратно-программное обеспечение и соответствующим образом подготовленный персонал стоят существенно дороже, чем коллектив, выполнявший эту работу прежде). Экономический эффект достигается при правильном сквозном внедрении всей технологической цепочки ИКТ и, как правило, на заключительном этапе.

Нами выполнены поисковые работы по подготовке технического проекта создания программно-аппаратного комплекса «Лесной дозор», принципиальная архитектура которого представлена на рисунке. Цели создания программно-аппаратного комплекса:

– Повысить актуальность информации о качественных и количественных характеристиках лесов, в первую очередь, запасах древесины, для принятия управленческих решений.

– Аккумулировать доступную информацию и сформировать базу для автоматизированной генерации первичной документации (таксационное описание, планово-картографические материалы), необходимой для лесного планирования, оценки стоимости участков, выставляемых на аукционы для передачи в аренду, создания лесной инфраструктуры и т.д.

– Повысить точность и оперативность предоставления информации федеральным, региональным ведомствам и организациям и, как следствие, сократить прямые потери бюджета государства и регионов посредством информационной поддержки действий должностных лиц, осуществляющих функции оказания государственных услуг и управления государственным имуществом.

Подчеркнем, что наши разработки направлены, в первую очередь, на решение проблемы получения актуальных первичных данных и создания единой стандартизированной информационной среды для формирования в автоматическом режиме необходимых первичных лесосучетных документов (карточка таксации, таксационное описание, планшеты и планы лесонасаждений) на основании данных дистанционного зондирования при ограниченном объеме наземных измерений.

В ПАК «Лесной дозор» решаются задачи получения первичной информации методами ДЗЗ, обработки с помощью ряда импортных ПО, адаптированных к потребностям отрасли, и формирования модели развития леса, построенной в среде ГИС. Примеры успешного построения имитационных моделей для различных прикладных приложений в лесной отрасли есть, например модели FORRUS [17], но для ее эффективной работы недостает актуальной лесотаксационной информации.

В соответствии с архитектурой ПАК «Лесной дозор» (рисунок) включает следующие подсистемы: подсистема тематической обработки данных; подсистема «Архив данных ДЗЗ»; подсистема «Интерактивная карта»; подсистема прогнозирования; подсистема отчетности; подсистема «АРМ оператора»; подсистема «АРМ лесничего»; подсистема «АРМ таксатора»; подсистема «Веб-карта».

Разработаны требования к составляющим подсистемам в части реализуемых задач и выполняемых функций.

Подсистема тематической обработки данных должна производить консолидацию и обработку данных для первичной оценки качественных и количественных характеристик насаждений на лесных участках. Подсистема должна позволять: выполнять унификацию первичной исходной информации ДЗЗ от внешнего Центра получения и обработки данных ДЗЗ; осуществлять консолидацию унифицированной информации в картографическую модель; формировать единый архив данных ДЗЗ; осуществлять автоматизированные процедуры для определения и оценки качественных и количественных характеристик насаждений по данным модуля обработки данных ДЗЗ; рассчитывать запасы насаждений на основе взаимосвязи таксационно-дешифровочных и натуральных данных.

Подсистема «Архив данных ДЗЗ» должна хранить и предоставлять по запросу другим подсистемам массив снимков и карт лесных участков для подготовки отчетных печатных форм и работы интерактивной карты. Запрашивать у внешней системы обработки снимки для обследуемого участка. Подсистема должна обеспечивать: запрос данных у Центра получения и обработки данных ДЗЗ; получение снимков и карт от Центра получения и обработки данных ДЗЗ; каталогизированный учет снимков и карт лесных участков; возможность поиска снимков и картографических данных по координатам и параметрам участков; предоставлять подсистемам «Веб-карта» и «Интерактивная карта» изображения участков за запрошенный период; предоставлять подсистеме отчетности карты участка для формирования первичных документов.

Подсистема «Интерактивная карта» предназначена для просмотра всех обследованных участков леса в пространственной модели. Подсистема «Интерактивная карта» должна позволять: просматривать единую карту региона с выделенными лесными участками; отображать на карте преобладающую породу и группу возраста на выделах цветом согласно шкалам, применяемым для ок-

раски лесных карт; переходить к просмотру выбранного участка леса с включенными в него выделами; просматривать информационную карточку участка, содержащую таксационное описание, а также расширенную информацию по конкретному выделу; просматривать дополнительную информацию по участку.

Подсистема «Прогнозирование» осуществляет построение модели развития (роста) леса на основе данных о составе, высоте и возрасте древостоя по выделам, среднестатистических данных о климатических условиях местности.

Подсистема «Прогнозирование» должна обеспечивать:

- получение и обработку первичных данных от подсистемы тематической обработки данных по составу пород, высоте, возрасту и др.;

- формирование модели хода роста с учетом начального состояния и среднестатистических климатических условий региона;

- предоставлять по запросу подсистемы отчетности сводную информацию по прогнозу развития насаждений лесного участка на заданную дату.

Подсистема «Отчетность» формирует отчетные формы по запросам пользователей системы. Подсистема должна обеспечивать:

- получение аналитических отчетов по данным из подсистемы «Архив данных ДЗЗ»;

- формирование печатных форм первичной документации (карточка таксации и сводное таксационное описание);

- формирование планшетов и плана лесонасаждений;

- формирование сводной справки по прогнозу развития насаждений участка.

АРМ оператора предоставляет интерфейс для работы с системой сотрудникам территориальных органов управления лесным хозяйством. Подсистема АРМ оператора должна предоставлять пользователю следующие возможности:

- создание и изменение границ участков леса при передаче их в аренду;

- уточнение квартальной сети и границ объекта;

- заказ детальных снимков ДЗЗ;

- определение географических границ участка или выдела;

- просмотр иерархической взаимосвязи регион–участок–выделы;

- ввод дополнительной информации в карточку участка;

- ввод дополнительной информации в карточку выдела;

- просмотр графической информации по участку с учетом истории изменения;

- просмотр отчетов, первичных документов, сводных поквартальных ведомостей и др.

АРМ таксатора предоставляет упрощенный интерфейс для ввода дополнительных данных по выделам. Подсистема АРМ таксатора должна предоставлять пользователю следующие возможности:

- корректировать границы выделов и таксационные данные по выделам;

- комментировать состояние насаждений лесных выделов и изменять состояние параметров участков в части состава пород насаждений, их возраста и т.д.;

- просматривать электронные и печатные формы первичных документов.

АРМ лесничего предоставляет упрощенный интерфейс для ввода дополнительных данных по выделам или их коррекции. Такая подсистема должна предоставлять пользователю следующие возможности:

- вводить информацию о текущих изменениях количественных и качественных характеристик насаждений в результате пожаров, рубки леса и т.д.;

- комментировать состояние лесных насаждений выделов и изменять характеристики участка в части состава пород, возраста и т.д.;

- просматривать электронные и печатные формы первичных документов.

Подсистема «Веб-карта» предназначена для просмотра объектов управления лесами через публичный Интернет-ресурс.

Она должна предоставлять пользователю следующие возможности:

- просмотр каталога и интерактивной карты лесов;
- получение краткой аналитической справки по лесным участкам;
- просмотр контактных данных территориального органа управления лесами.

Для обеспечения хранения и ведения общей системной информации необходимо сформировать подсистему нормативно-справочной информации. Использование такой подсистемы позволит обеспечить корректность НСИ внутри отраслевых служб и подведомственных агентству структур вне зависимости от количества информационных подсистем, устраняя дублирование информации разными подсистемами ПАК и упрощая построение сводных отчетов. Подсистема НСИ должна обеспечивать:

- хранение, обработку и предоставление постоянной и условно-постоянной информации;
- отраслевую справочную информацию;
- общероссийские классификаторы и справочники;
- предоставление справочных данных другим информационным подсистемам ПАК по заранее определенным интерфейсам через корпоративную шину данных.

Предлагаемое нами решение предстоит опробовать в пилотном проекте на модельной территории для возможного использования в практической деятельности территориального органа управления лесами. Опробование технологии получения актуальной лесотаксационной информации в ПАК «Лесной дозор» предоставит возможность подготовить документы лесного планирования для эффективного решения задач организации лесопользования, воспроизводства, охраны и защиты лесов, решить проблему низкой доходности отрасли, реально оценить лесные участки, передаваемые в аренду. Уже сейчас просматриваются перспективы использования программно-аппаратного комплекса как для лесного хозяйства, так и в деятельности лесопромышленных компаний для разработки модели планомерного освоения лесного фонда на

основе получения актуальной информации о количественных и качественных характеристиках лесов, оценки транспортной и экономической доступности лесных ресурсов, сценариев промышленного освоения лесов.

Библиографический список

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена Приказом Минпромторга РФ N 248, Минсельхоза РФ N 482 от 31.10.2008.
2. Государственная программа «Развитие лесного хозяйства на 2013-2020 гг.» Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28.12.2012. № 2593-р
3. Годовой отчет о ходе реализации и оценке эффективности государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» от 08.05.2014 // <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=134297>
4. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 года № 200-ФЗ;
5. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза) № 10 от 22.02.2013. О проведении опытной эксплуатации автоматизированной информационной системы «Государственный лесной реестр» (АИС ГЛР) <http://www.rosleshoz.gov.ru>
6. Временный регламент эксплуатации АИС ГЛР. Приложение 3 к приказу Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза) № 10 от 22.02.2013. <http://www.rosleshoz.gov.ru>
7. Решение первой международной конференции «Проблемы лесостроительства и государственной инвентаризации лесов в России» 04.02.2009 <http://www.woodbusiness.ru/newsdetail.php?uid=6435>
8. Илюхин И.А. Лесная автоматизация Intelligent enterprise – № 10 – 2013. http://www.iemag.ru/numbers/index.php?YEAR_ID=1554&ID=29391
9. Мобильный АРМ лесничего//Геоматика.– 2013. – № 4. – С.86-87.
10. «СОВЗОНД»: создается геопортал Рослесхоза «Леса России» <http://www.gisa.ru/102274.html>
11. Бахтинова, Е.В. Полуавтоматическое выявление вырубок леса на мультитременных радарных и радарно-оптических цветных композитах / Е.В. Бахтинова, А.Ю. Соколов, Д.Б. Никольский, Ю.И. Кантемиров // Геоматика.– 2012. – № 1. – С. 52–55.
12. <http://sevzaplesproekt.roslesinforg.ru/activity/inform>
13. <http://www.lesproekt.com/index.php?q=node/143>
14. Баленович, И. Сравнение классического наземного и дешифровочного (фотограмметрического) методов таксации лесов / И. Баленович, А. Селеткович, Р. Пернар, Х. Марьянович, Д. Вулетич, М. Бенко. <http://www.racurs.ru>.
15. Медведев, Е.М. Лазерная локация земли и леса: учеб. пособие / Е.М.Медведев, И.М. Данилин, С.Р. Мельников – М.: Геолидар, Геокосмос, Красноярск: Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 2007 – 230 с.
16. Малышева, Н.В. Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических изображений лесных насаждений: учеб. пособие / Н.В.Малышева.– М.: МГУЛ, 2012. – 151с.
17. Чумаченко, С.И. Модель долгосрочного прогнозирования динамики показателей природной пожарной опасности для зоны тайги и смешанных лесов Европейской части России. Основные параметры модели / С.И. Чумаченко, Д.Н. Маяк. // Научные труды МГУЛ. – Вып. 10.– 01.2012–12.2012

PROBLEMS OF ICT (INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY)
IMPLEMENTATION IN FORESTRY AND COMPLEX SOLUTIONS

Seversky S.I., STC Complex Models; Malysheva N.V., Assoc. Prof. MSFU, PhD. (Geogr.); Pyankov I.B., STC Complex Models

nat-malysheva@yandex.ru, svseversky@gmail.com, piankov@ntccm.ru
STC Complex Models, 125315, Moscow, Leningrad, pr. 68 p. 2.

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

The lack of relevant and reliable data on quantitative and qualitative parameters of the forests is one of the systemic problems that hamper the progress in forestry. The forestry information systems developed are primarily aimed at automating the activity of the Federal Forestry Agency; automatic gathering of the baseline forest inventory information for the preparation of primary documents (card taxation, taxation descriptions, forest management and range maps) is not treated as a priority. It has been proved that the main object of automation in the Russian forestry should be the structural and territorial subdivisions of Rosleskhoz that ensure receipt and processing of primary forest inventory information. The analysis of experimental works performed by the organizations of the Federal Forestry Agency and the proposed solutions of the leading companies-integrators (Sovzond, Data+ and others) in commercial projects show the automation of particular part of the primary forest data collection. An integrated solution for receiving current forest inventory information by remote sensing, processing in a unified software environment and the formation of geospatial databases, providing access via web services has been proposed. A technical project for the creation of a hardware-software complex «Forest Watch» is presented. The article describes the functionality of the «Forest Watch» complex subsystems and tasks realized at each stage of the unified technology, from receiving primary forest taxation data to viewing the forest management unit via the public Internet resource.

Key words: Information and Communications Technology (ICT), state forest register, forest management planning, remote sensing data, computer workstation (CWS), interactive map, Web-service.

References

1. *Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda* [The strategy of development of the forest complex of the Russian Federation for the period up to 2020].
2. *Gosudarstvennaya programma «Razvitie lesnogo khozyaystva na 2013-2020 gg.»* [The state program «Development of forestry for 2013-2020»]. Approved by the Decree of the RF Government of 28 December 2012 No. 2593-R.
3. *Godovoy otchet o khode realizatsii i otsenke effektivnosti gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie lesnogo khozyaystva» ot 08.05.2014* [Annual report on a course of realization and assessment of efficiency of a state program of the Russian Federation «Forestry development»] [Elektronnyi resurs] // <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=134297>
4. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 4 dekabrya 2006 goda № 200-FZ* [Forest code of the Russian Federation from December 4, 2006 no. 200-FZ];
5. *Prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva (Rosleskhoza) № 10 ot 22.02.2013.* [The order of the Federal Agency of forestry (Rosleskhoz) № 10 of 22.02.2013]. On holding of pilot operation of the automated information system «State forest register»
6. *Vremennyy reglament ekspluatatsii AIS GLR. Prilozhenie 3 k prikazu Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva (Rosleskhoza) № 10 ot 22.02.2013.* [Temporary regulations of operation of the AIS PR]. Annex 3 to order of the Federal Agency of forestry (Rosleskhoz) № 10 of 22.02.2013.
7. *Reshenie pervoy mezhdunarodnoy konferentsii «Problemy lesoustroystva i gosudarstvennoy inventarizatsii lesov v Rossii» 04.02.2009* [Solution of the first international conference «Problems of Forest Management and the State Forest Inventory in Russia»] [Elektronnyi resurs] // <http://www.woodbusiness.ru/newsdetail.php?uid=6435>
8. Ilyukhin I.A. *Lesnaya avtomatizatsiya* [Forest automation]. Intelligent enterprise № 10. 2013. http://www.iemag.ru/numbers/index.php?YEAR_ID=1554&ID=29391.
9. *Mobil'nyy ARM lesnichego* [Forester Mobile Workstation] Geomatika [Geomatics]. № 4. 2013. p.86-87
10. *«SOVZOND»: sozdaetsya geoportal Rosleskhoza «Les Rossii»* [«SOVZOND»: Rosleskhoz geoportal of «The Forests of Russia» is created]. <http://www.gisa.ru/102274.html>
11. Bakhtinova E.V., Sokolov A.Iu., Nikol'skiy D.B., Kantemirov Iu.I. *Poluavtomaticheskoe vyyavlenie vyrubok lesa na mul'tivremennykh radarnyykh i radarno-opticheskikh tsvetnykh kompozitakh* [Semi-automatic identification of deforestation on multitemporary radar and radar and optical color composites]. Geomatika [Geomatics]. 2012. № 1. pp. 52-55.
12. <http://sevzaplesproekt.roslesinforg.ru/activity/inform>
13. <http://www.lesproekt.com/index.php?q=node/143>
14. Balenovich I., Seletkovich A., Pernar R., Mar'yanovich Kh., Vulech D., Benko M. *Sravnienie klassicheskogo nazemnogo i deshifrovochnogo (fotogrammetricheskogo) metodov taksatsii lesov* [Comparison of classical in-situ and remote sensing methods of forest valuation] [Elektronnyi resurs] // <http://www.racurs.ru>
15. Medvedev E.M., Danilin I.M., Mel'nikov S.R. *Lazernaya lokatsiya zemli i lesa* [Laser survey of lands and forests]. Moscow: Geolidar, Geokosmos, Krasnoyarsk: V.N.Sukacheva Institut lesa SO RAN. 2007. 230 p.
16. Malysheva, N.V. *Avtomatizirovanoe deshifrirovaniye aerokosmicheskikh izobrazheniy lesnykh nasazhdeniy* [Processing of Airspace Images for Forest Stands]. Moscow: MSFU, 2012. 151 p.
17. Chumachenko S.I., Mayuk D.N. *Model' dolgosrochnogo prognozirovaniya dinamiki pokazateley prirodnoy pozharnoy opasnosti dlya zony taygi i smeshannykh lesov Evropeyskoy chasti Rossii. Osnovnye parametry modeli* [The Model of Long-term forecasting the indicators of natural fire danger zone of taiga and mixed forests of the European part of Russia. The main parameters of the model. Electronic Resource] Proceedings of MSFU]. V. 10. 01.2012-12.2012.

ЛЕСНАЯ РЕНТА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДОСТУПНОСТЬ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.Г. ТРЕТЬЯКОВ, *советник руководителя Федерального агентства лесного хозяйства,*
канд. экон. наук

tretyakov@rosleshoz.ru

Федеральное агентство лесного хозяйства, 115184, г. Москва, ул. Пятницкая, 59/19

Проведен анализ трех групп факторов, определяющих уровень лесного дохода: внеэкономические факторы, включающие характеристики лесных ресурсов, их местоположение и условия эксплуатации, общеэкономические факторы, отражающие ситуацию на рынках лесопroduкции, труда и капитала и хозяйственные факторы или бизнес-факторы. Рассмотрен механизм формирования лесной ренты, которая определяется как разница между рыночной ценой на конечную лесопroduкцию и затратами на ее производство с учетом обеспечения нормативной прибыли на капитал. Лесная рента фиксирует доход на момент изъятия ресурса и не учитывает расходы на лесовыращивание. Автор определяет основные направления применения лесной ренты в управлении использованием лесов: установление цен на лесные ресурсы, определение степени экономической доступности лесных ресурсов, обоснование оптимальной структуры потребления лесных ресурсов и оценка отраслевых и региональных форм развития лесного сектора. В качестве дополнительного инструмента лесного планирования предлагается использовать показатель экономической доступности лесных ресурсов, для которого были сформированы критерии его определения и сферы применения. Произведен анализ условий экономической доступности лесных ресурсов исходя из значений лесной ренты и нормативных затрат на воспроизводство, охрану и защиту лесов и их соотношения между собой. Автор приходит к выводу, что экономическую доступность лесных ресурсов следует рассматривать как инструмент, который позволяет, с одной стороны, системно принимать управленческие решения, с другой стороны, предназначен для определения и формирования необходимых условий для достижения поставленных целей в лесопользовании.

Ключевые слова: лесной доход, лесная рента, критерии экономической доступности лесных ресурсов, лесное планирование.

Одним из главных направлений развития рыночных отношений в лесном хозяйстве является создание адекватной системы платежей за лесные ресурсы, основанной на экономической оценке их доступности и учитывающей специфику образования лесного дохода в условиях передачи в аренду лесных участков.

Лесное хозяйство как отрасль экономики можно представить в виде двух сегментов деятельности, связанных с созданием лесного дохода и инвестированием его для сохранения и поддержания лесных земель в том состоянии, при котором леса выполняют экономические, экологические и социальные функции в объемных и качественных параметрах, устанавливаемых собственником лесных земель. Эти сегменты деятельности требуют различных подходов к их экономической организации.

В данной статье остановимся на том сегменте деятельности, где лесное хозяйство выступает поставщиком лесных ресурсов, создает лесной доход так, как это показано на рис. 1.

Лесной доход материализуется в валовом внутреннем продукте и добавленной стоимости, включающей прибыль, прина-

длежащую бизнесу, и платежи, изымаемые в бюджетную систему.

На величину лесного дохода влияют следующие группы факторов:

1. Внеэкономические факторы, представленные характеристиками лесных ресурсов, их местоположением и условиями эксплуатации. Эти факторы, заданные природой, не подлежащие изменению со стороны человека за короткий период времени, оказывают влияние на величину лесного дохода через объективные различия в затратах на освоение ресурсов и в доходах от использования (заготовки) ресурсов различного качества.

2. Общеэкономические факторы, отражающие ситуацию на рынках лесопroduкции, труда и капитала. Прежде всего, речь идет о ценах на привлекаемые для хозяйственной деятельности в лесу производственные и финансовые ресурсы, ставки оплаты труда, налоги.

Спрос и предложение на лесопroduкцию на внутреннем и экспортном рынках определяют цены как на добываемые ресурсы, так и на ту продукцию, которая получается при переработке. Тенденции в изменении цен на лесопroduкцию признаются главным фак-

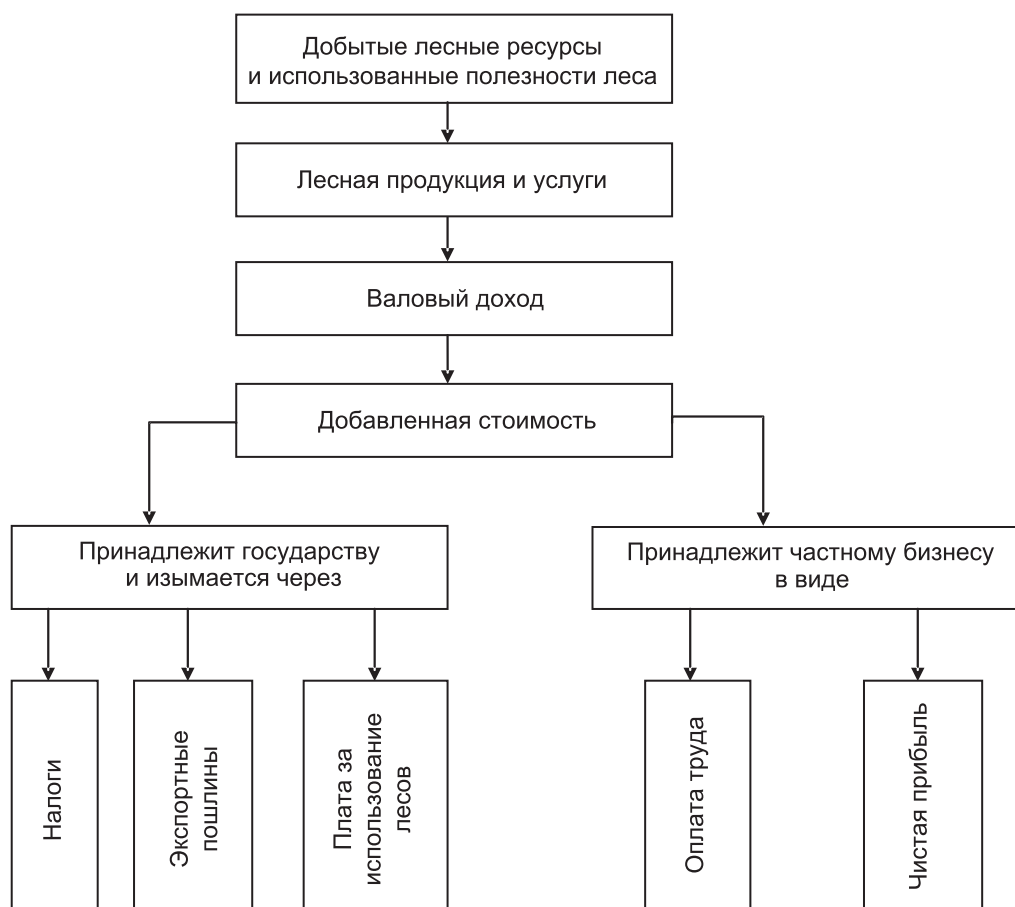


Рис. 1. Формирование и распределение лесного дохода от использования лесов
 Fig. 1. Formation and distribution of forest the income from forests use

тором, оказывающим влияние на величину лесного дохода.

3. Хозяйственные факторы или бизнес-факторы, определяемые через решения хозяйствующих субъектов при использовании лесов.

Речь идет о выборе хозяйствующим субъектом технологии, системы машин, форм организации труда, т.е. о тех решениях, которые принято называть производственным менеджментом. Влияние приведенных трех групп факторов на размер лесного дохода показано на рис. 2.

Механизм оценки влияния факторов следующий.

1. Влияние внеэкономических факторов определяется посредством получения достоверной информации о лесах через проведение лесосучетных работ (лесоустройство, государственная инвентаризация лесов, ведение государственного лесного реестра).

2. Для оценки влияния общеэкономических факторов должны использовать-

ся результаты мониторинга рынков лесопро-дукции, труда и капитала, что, кроме всего прочего, позволит сформировать тенденции в изменении лесного дохода.

3. Решения в рамках производственно-го менеджмента принимаются исходя из финансового состояния хозяйствующего субъекта и уровня квалификации его руководителей (менеджеров) с учетом существующей лучшей практики в этой области.

Интегральным показателем, который учитывает влияние всей совокупности приведенных факторов, является лесной рентный доход (лесная рента) в расчете на единицу добытого лесного ресурса. В системе рыночных отношений лесная рента формализуется в виде рыночной цены ресурса, которая применительно к древесным ресурсам становится ценой древесины на корню.

Под лесной рентой автор понимает чистый доход на момент освоения лесных ресурсов, принадлежащий собственнику и



Рис. 2. Факторы, влияющие на формирование лесного дохода
 Fig. 2. Factors influencing the formation of the forest income

определяемый как разница между рыночной ценой на конечную лесопroduкцию и затратами на ее производство с учетом обеспечения нормативной прибыли на капитал (в затраты на производство не входят платежи на лесные ресурсы). Такой трактовки придерживается большинство исследователей в области оценки доступности лесных ресурсов [7, 9, 11, 13,14]. В то же время следует отметить, что существует точка зрения, предусматривающая включение затрат на лесовыращивание в расчет лесной ренты [1,5], согласно которой лесная рента представляет собой остаточную стоимость от рыночной цены реализуемой лесопroduкции за минусом затрат на ее воспроизводство, включающих затраты на выращивание ресурса, его заготовку, доставку до рынков сбыта, а также нормативную прибыль хозяйствующих субъектов на перечисленные виды работ.

Отсутствие учета расходов на лесовыращивание в расчете лесной ренты базируется на представлении о том, что лесная рента характеризует объективную оценку ценности используемых лесных ресурсов и условий их эксплуатации, а ее возникновение не является результатом решений в области лесоводства.

Существование на практике различных организационных форм использования лесов (аренда лесных участков, договоры купли-продажи лесных насаждений, заготов-

ка гражданами древесины для собственных нужд), различающихся механизмом финансирования затрат на воспроизводство лесных ресурсов, также предопределяет желательность исключения учета расходов на лесовыращивание в расчетах лесной ренты.

Механизм установления рыночной цены древесины на корню, как видно из рис. 1 и 2, требует оценки доходов и затрат по всем переделам работ, превращающих древесину на корню в продукцию, востребованную рынком.

Лесная рента фиксирует доход на момент изъятия ресурса и не требует для расчета выполнения действий по дисконтированию или компондированию затрат и доходов с учетом фактора времени.

Главным назначением лесной ренты является управление использованием лесов, включающее

- установление цен на лесные ресурсы;
- определение степени экономической доступности лесных ресурсов;
- обоснование оптимальной структуры потребления лесных ресурсов;
- оценка отраслевых и региональных форм развития лесного сектора.

Для применения лесной ренты в качестве инструмента управления необходимо иметь информацию, представленную:

а) материалами учета лесного фонда в той их номенклатуре, которая позволит трансформировать таксационные показатели в экономические, привязанные к условиям доступности ресурсов;

б) нормативы затрат и доходов, привязанные к формам ведения лесного хозяйства, видам использования лесов, технологии лесопромышленных и лесохозяйственных работ;

в) нормативы, характеризующие финансовые, производственные, социальные и экологические риски.

Лесная рента, формирующая доход собственника от использования лесных ресурсов, предопределяет возможность их вовлечения в производственную деятельность в условиях рыночной экономики, влияя на экономическую доступность лесных ресурсов. Отрицательное значение лесной ренты предопределяет отсутствие экономических стимулов у собственника ресурсов к их использованию (при прочих равных условиях), а также препятствует их освоению лесопользователями, так как такие ресурсы не обеспечивают ему получение нормативной прибыли.

Следует отметить, что формирование оценок лесной ренты не является единственным инструментом управления лесными ресурсами. Крайне важна оценка экономической доступности как самостоятельного инструмента лесопользования. Использование такого инструмента позволяет определить лесную ренту (в процессе проведения расчетов), осуществить оценку доступности лесных ресурсов, формировать лесные планы, предусматривающие изменения степени экономической доступности лесных ресурсов.

Впервые классификация лесных ресурсов с выделением экономически доступных была предложена учеными-экономистами [4]. Объектом оценки экономической доступности выступали ресурсы низкосортной древесины и древесных отходов. Необходимость такой оценки была обусловлена проблемой сырьевого обеспечения производств по химической и химико-механической переработке древесины, возникшей в 60-х годах прошлого века в связи с принятым в стране курсом на ускоренное развитие химической

промышленности, в соответствии решениями майского 1958 г. Пленума ЦК КПСС.

Применительно к оценке всего лесоресурсного потенциала данная проблема не ставилась, так как в условиях директивного планирования и монополии государственной собственности на продукцию и все виды ресурсов единственным критерием доступности лесных ресурсов считалось наличие транспортных путей общего пользования, позволявших доставлять древесину до мест потребления.

Ситуация кардинально изменилась с переходом отраслей лесной промышленности на рыночные отношения, когда при использовании лесов должны быть реализованы экономические интересы как хозяйствующих субъектов, так и государства. Оценка лесных ресурсов по критерию их экономической доступности является наиболее актуальной при планировании развития отношений между собственниками и пользователями ресурса, когда данные экономические отношения имеют долговременный характер.

Именно это выводит проблему оценки экономической доступности лесных ресурсов из числа теоретических исследований в практическую деятельность в области перспективного планирования развития лесного сектора.

С учетом вышеизложенного оценке экономической доступности лесных ресурсов было посвящено несколько диссертационных исследований [3, 6, 10] и предпринимались неоднократные попытки, посвященные дальнейшей разработке и оценке доступности лесных ресурсов [2, 8, 12, 14]. Однако результаты данных исследований по настоящее время не получили использования в практической и в нормотворческой деятельности.

Оценка экономической доступности лесных ресурсов должна базироваться на результатах лесосчетных работ, которые позволяют оценить их как *потенциальные (биологические) ресурсы* (объектом исследования являются только древесные ресурсы. Поэтому здесь и далее другие виды лесных ресурсов не рассматриваются).

Здесь речь может идти как об оценке древесных ресурсов в объеме стволовой древесины, так и об оценке всей биомассы деревьев на корню, включая кору, сучья, пни.

Оценка всей древесной массы в качестве потенциальных ресурсов оправдана в том случае, когда существует возможность освоить все виды ресурсов технологически с надлежащим экономическим эффектом.

Очевидно, что весь объем потенциальных (биологических) ресурсов нельзя довести до потребления при использовании лесов.

Определенная часть потенциальных (биологических) ресурсов будет потеряна в процессе их заготовки, транспортировки и переработки. Эти потери следует классифицировать как неизбежные производственные потери. Учет производственных потерь приводит к установлению реальных (физических) ресурсов в виде разницы между объемами потенциальных (биологических) ресурсов и производственных потерь.

При заготовке древесины к производственным потерям следует отнести:

- сломанные, оставленные на лесосеке и у линии дорог деревья, хлысты, сортименты;
- древесину, используемую на производственные нужды, обусловленные строительством временных лесовозных дорог (усов, веток), верхних складов и погрузочных площадок, особенно на лесных участках на заболоченных переувлажненных землях.

В оценке объемов реальных (физических) ресурсов заинтересованы, в первую очередь, хозяйствующие субъекты, осваивающие леса на основании договоров аренды. Для избежания конфликтных ситуаций при оценке объема ресурсов древесины на корню для целей взимания платы за использование лесов должны быть разработаны и утверждены нормативы производственных потерь ресурсов, сопровождающих превращение потенциальных (биологических) ресурсов древесины или древесной биомассы в конечную продукцию.

Нормирование безвозвратных производственных потерь материальных ресурсов является обычной практикой во всех отраслях, где производственные процессы осуществляются в условиях повышенных неопределенностей и рисков.

Очевидным является и тот факт, что освоение не всех реальных ресурсов принесет хозяйствующим субъектам тот эффект,

который лежит в области эффективных решений в сфере лесного предпринимательства. Поскольку лесному предпринимательству, равно как и любому другому, гарантирована свобода экономического выбора, то лесные ресурсы, не обеспечивающие предпринимателю получение заданного финансового результата, классифицируются как экономически недоступные.

Признание ресурсов экономически недоступными зависит от критерия, который должен количественной мерой выразить границу эффективных решений при планировании освоения ресурсов.

Такая граница устанавливается на определенном отрезке времени, фиксирующий условия освоения ресурсов. Когда эти условия меняются, изменится и граница, разделяющая экономически доступные и экономически недоступные ресурсы.

Анализ представленных в научных трудах критериев экономической доступности позволяет выделить два подхода к его оценке:

- обеспечение нормативного уровня рентабельности при использовании современного организационно-технического уровня освоения рассматриваемых ресурсов [10];
- равенство или превышение значения лесной ренты величины нормативной стоимости воспроизводства, охраны и защиты лесов [7, 14].

Выбор критерия экономической доступности лесных ресурсов является центральным вопросом при планировании их освоения, определяющего объемы и структуру лесного сектора регионов.

Из двух рассмотренных подходов второй в наибольшей степени соответствует устойчивому управлению лесами, предусматривая экономические возможности воспроизводства лесов после осуществления рубок.

Исходя из сказанного, в основу выбора критерия экономической доступности лесных ресурсов должен быть положен рентный подход к оценке лесных ресурсов, предусматривающий принятие в качестве критерия экономической доступности величину лесной ренты в расчете на единицу

ресурса – м³ заготовленной древесины. Тогда условия экономической доступности лесных ресурсов формируются следующими неравенствами [7, 11, 6].

1. Исходя из неравенства

$$r > 0 \quad (1)$$

где r – лесная рента в расчете на единицу ресурса.

Лесные ресурсы признаются экономически доступными только по условиям их освоения, когда величина лесной ренты будет иметь положительное значение, но при проведении оценки не учитывают затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов.

2. Исходя из неравенства

$$r - C_f > 0 \quad (2)$$

где C_f – нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов в расчете на единицу ресурса.

Лесные ресурсы признаются экономически доступными по условиям их освоения и воспроизводства, предусматривающим проведение на освоенных лесных землях мероприятий по воспроизводству, охране и защите лесов в соответствии с установленными стандартами устойчивого лесоуправления.

3. Исходя из равенства

$$r - C_f = 0 \quad (3)$$

ресурсы классифицируются как маргинальные по условиям их освоения и воспроизводства, которые можно использовать, а можно не использовать.

Использование ресурсов в данной ситуации при отсутствии дополнительных источников финансирования мероприятий по воспроизводству, охране и защите лесов, признается рискованным бизнесом, где многое будет зависеть от квалификации менеджмента.

4. Исходя из неравенства

$$C_f > r > 0 \quad (4)$$

ресурсы признаются доступными с соблюдением условий, при которых собственник ресурсов находит сферы их освоения вне источника финансирования мероприятий по воспроизводству, охране и защите лесов в объеме $C_f - r$.

5. Исходя из равенства

$$r = 0 \quad (5)$$

ресурсы классифицируются как маргинальные по условиям их освоения.

Использование ресурсов в данной ситуации признается чрезвычайно рискованным бизнесом.

6. Исходя из неравенства

$$r < 0 \quad (6)$$

ресурсы признаются экономически недоступными исходя из условий, которые характеризуют принятую организацию освоения лесных ресурсов в части техники, технологии, экономических отношений, состояния лесных рынков и т.п.

Можно выделить две основные сферы применения оценки доступности лесных ресурсов:

– оценка потенциальных доходов собственника от использования доступных лесных ресурсов, на основе которой может строиться система платежей за использование лесных ресурсов,

– инструмент лесного планирования, предназначенный для обеспечения сбалансированности интересов государства и лесопромышленных предприятий.

Отсутствие учета реальной ценности используемых ресурсов приводит к наблюдаемой ситуации, когда бюджетные расходы на ведение лесного хозяйства значительно превышают уровень поступлений в бюджет. Оценка лесной ренты и доступности лесных ресурсов и формирование на их базе платежей лесопользователей позволит существенно повысить объем перечислений денежных средств в государственный бюджет.

В то же время, отсутствие учета фактора экономической доступности лесных ресурсов приводит к завышению планового объема их использования, что находит отражение в недостижении плановых уровней соответствующих показателей лесных планов субъектов Российской Федерации, а также показателей (индикаторов) государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 гг. (отношения фактического объема заготовки древесины к установленному допустимому объему изъятия древесины). Значительная опасность отсутствия учета объемов экономически до-

ступных лесных ресурсов при региональном планировании использования лесов заключается в возможности быстрого истощения ресурсов экономически доступной древесины и соответствующего ухудшения характеристик лесосечного фонда.

Таким образом, экономическую доступность лесных ресурсов следует рассматривать как инструмент, позволяющий, с одной стороны, системно принимать управленческие решения (какие объемы ресурсов вводить в хозяйственный оборот, а какие нет), а с другой стороны, предназначенный для определения условий, позволяющих обеспечить целевые объемы использования лесов, и формирования стимулов их достижения.

Это предопределяется тем, что оценка экономической доступности древесины формируется с учетом множества экономических факторов, влияющих на ее конечный результат. Осуществляя воздействие на данные факторы через систему стимулирования привлечения инвестиций в лесной сектор, установление тарифов на перевозку лесоматериалов, мер по стимулированию спроса на лесопroduкцию, планирование затрат на развитие лесной инфраструктуры и т.д., собственник лесов может в значительной степени влиять на состояние рынка лесопroduкции и в том числе на доступность лесных ресурсов.

Имея оценки экономической доступности лесных ресурсов, субъекты планирования (региональные органы власти) могут разрабатывать планы с учетом внедрения различных механизмов стимулирования для использования лесных ресурсов в регионе, основными из которых являются государственно-частное партнерство в области создания лесной инфраструктуры, а также формирование спроса на низкокачественную древесину. Комплекс мер по стимулированию использования лесных ресурсов на базе оценок экономической доступности лесных ресурсов должен формироваться с учетом региональных особенностей субъектов Российской Федерации.

Возможность одномоментно использовать результаты оценки экономической доступности лесных ресурсов, формируемой на рентной основе, для разработки текущих

решений в области лесопроизводства и как одного из наиглавнейших инструментов лесного планирования предопределяет значимость данного подхода.

Библиографический список

1. Большаков, Н.М. Методология формирования рентных платежей в лесопользовании / Н.М. Большаков // Лесное хозяйство – 2001. – № 1 – С. 26–27.
2. Воронков, П.Т. Моделирование экономической доступности лесных ресурсов с использованием регрессионного анализа / П.Т. Воронков, А.П. Воронков, А.Н. Белов, Е.А. Дудина, Л.А. Илюхина // Лесохозяйственная информация. – 2009. – № 1–2 – С. 7–12.
3. Лаврова, И.В. Системное исследование ограничений доступности лесных ресурсов и дефицита сырья для лесопиления (на примере Архангельской области): дисс. ... канд. экон. наук / И.В. Лаврова. – М., 2009 – 150 с.
4. Лобовиков, Т.С. Определение экономической доступности ресурсов низкосортной древесины и древесных отходов лесозаготовок / Т.С. Лобовиков, А.П. Петров, Е.Д. Жило // Науч. тр. ЛТА. – № 116. – Л., 1968. – С. 5–14.
5. Моисеев, Н.А. Экономика лесного сектора в науке и на практике / Н.А. Моисеев // Лесной экономический вестник. – 2003. – № 2 (36). – С. 3–6.
6. Моисеева, Е.Е. Формирование механизма оценки экономической доступности лесных ресурсов при аренде участков лесного фонда (на примере Красноярского края): дисс. ... канд. экон. наук / Е.Е. Моисеева. – Красноярск. – 2002. – 159 с.
7. Петров, А.П. Рентные платежи – действенный механизм повышения доходности лесопользования / А.П. Петров // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2002. – № 3. – С. 82–84.
8. Петров, А.П. Методика оценки экономической доступности ресурсов древесины на региональном и местном уровнях / А.П. Петров, Г.Н. Филюшкина // Лесной экономический вестник. – 2002. – № 4 (34). – С. 15–24.
9. Починков, С.В. Методика рентной оценки древесных ресурсов леса / С.В. Починков // Лесное хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 8–13.
10. Пфаенштиль, И.В. Принципы определения эколого-экономической доступности лесных ресурсов Красноярского края: дисс. ... канд. с.-х. наук – Красноярск, 2002 – 127 с.
11. Филюшкина, Г.Н. Рента как критерий экономической доступности лесных ресурсов / Г.Н. Филюшкина // Актуальные проблемы лесопромышленных производств. – Петрозаводск, 2002. – С. 22–25.
12. Чупров, Н.П. Методика экономической оценки лесных ресурсов и лесных земель, доступности древесных ресурсов и формирования платы за ресурсы / Н.П. Чупров. – Архангельск, 2003. – 45 с.
13. Эйсмонт, О.А. Оценка лесной ренты и эффективность повышения рентных платежей в России / О.А. Эйсмонт, А.П. Петров, А.В. Логвин, Б. Боске. – М.: EERC, 2002. – 59 с.
14. Niskanen A. Economic accessibility of forest resources in Northwest Russia. A. Niskanen, A. Petrov, G Filoushina. Scientific paper presented in Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics and 3rd Berkeley-KVL Conference of Natural Resource Management May 21-25, 2002, Gilleleje, Denmark.

FOREST RENT AND ECONOMIC ACCESSIBILITY OF THE FOREST RESOURCES: METHODOLOGICAL ASPECTS

Tretyakov A.G., Federal Forestry Agency, Ph.D (Economic)

tretyakov@rosleshoz.ru

Federal Forestry Agency, 59/19, Pyatnitskaya street, Moscow, 115184, Russia.

The analysis of three groups of factors determining the level of forest income has been conducted: non-economic factors, including the characteristics of forest resources, their location and operating conditions, general economic factors, reflecting the situation on the markets for timber products, labor, capital and business factors. The mechanism of the forest rent formation has been considered. Forest rent is calculated as the difference between the market price of forest products and the cost of its production including regulatory return on capital. Forest rent fixes income at the time of withdrawal of resources does not account the costs of reforestation. The author defines the main directions of the application of forest rent in the forest management: the pricing of forest resources, determination of the degree of economic accessibility of forest resources, the rationale for the optimal structure of consumption of forest resources and assessment of branch and regional forms of development of the forest sector. As an additional tool for forestry planning it is proposed to use the indicator of economic accessibility of forest resources for which the criteria of its definition and of its area of application were formed. The analysis of the conditions of economic accessibility of forest resources was done based on the values of forest rent and regulatory costs of reproduction, protection and conservation of forests. The author concludes that the economic availability of forest resources should be viewed as a tool that allows, on the one hand, making systemic managerial decisions and, on the other hand, is designed to identify and develop the conditions necessary to achieve the desired goals in forest management.

Keywords: forestry revenue, timber rent, criteria of economic forest resources accessibility, forest planning

References

1. Bol'shakov N.M. *Metodologiya formirovaniya rentnykh platezhey v lesopol'zovanii* [Methodology of rent payments in forest]. Forestry. 2001. № 1. pp. 26-27.
2. Voronkov P.T., Voronkov A.P., Belov A.N., Dudina E.A., Ilyukhina L.A. *Modelirovanie ekonomicheskoy dostupnosti lesnykh resursov s ispol'zovaniem regressionnogo analiza* [Modeling of economic accessibility of forest resources using regression analysis]. Lesokhozyaystvennaya informatsiya [Forestry information]. 2009. № 1-2. pp. 7-12
3. Lavrova, I.V. *Sistemnoe issledovanie ogranicheniy dostupnosti lesnykh resursov i defitsita syr'ya dlya lesopileniya (na primere Arkhangel'skoy oblasti): diss. ... kand. ekon. nauk* [System research of accessibility restrictions of forest resources and shortage of raw materials for lumbering (for example, Arkhangelsk region)] Thesis for the degree of candidate of economic sciences. Moscow, 2009. 150 p.
4. Lobovikov T.S., Petrov A.P., Zhilo E.D. *Opreделение ekonomicheskoy dostupnosti resursov nizkosortnoy drevesiny i drevesnykh otkhodov lesozagotovok* [Determination of economic resource availability low-grade wood and wood waste wood]. Scientific works LTA. № 116. Leningrad, 1968. pp. 5-14.
5. Moiseev N.A. *Ekonomika lesnogo sektora v nauke i na praktike* [Economy forestry science and practice]. Lesnoy ekonomicheskyy vestnik [Forest Economic Bulletin]. 2003. № 2 (36). pp. 3-6.
6. Moiseeva E.E. *Formirovanie mekhanizma otsenki ekonomicheskoy dostupnosti lesnykh resursov pri arende uchastkov lesnogo fonda (na primere Krasnoyarskogo kraja): diss. ... kand. ekon. nauk* [Formation mechanism for assessing the economic accessibility of forest resources in the lease of forest areas (for example, the Krasnoyarsk Territory)] Thesis for the degree of candidate of economic sciences. Krasnoyarsk. 2002. 159 p.
7. Petrov A.P. *Rentnye platezhi – deystvennyy mekhanizm povysheniya dokhodnosti lesopol'zovaniya* [Rental payments – the effective mechanism for increasing the yield of forest]. Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii [Use and protection of natural resources in Russia]. 2002. № 3. pp. 82-84.
8. Petrov A.P., Filyushkina G.N. *Metodika otsenki ekonomicheskoy dostupnosti resursov drevesiny na regional'nom i mestnom urovnyakh* [Methods of assessing the economic availability of wood resources at the regional and local levels]. Lesnoy ekonomicheskyy vestnik. [Forest Economic Bulletin]. 2002. № 4 (34). pp. 15-24.
9. Pochinkov S.V. *Metodika rentnoy otsenki drevesnykh resursov lesa* [Methodology rental wood forest resources assessment]. Lesnoe khozyaystvo [Forestry]. 2004. № 3. pp. 8-13.
10. Pfaenshtil' I.V. *Printsipy opredeleniya ekologo-ekonomicheskoy dostupnosti lesnykh resursov Krasnoyarskogo kraja: diss. ... kand. s.-kh. nauk* [Principles of environmental and economic accessibility of forest resources of the Krasnoyarsk Territory]. [Thesis for the degree of candidate of agricultural sciences]. Krasnoyarsk, 2002. 127 p.
11. Filyushkina G.N. *Renta kak kriteriy ekonomicheskoy dostupnosti lesnykh resursov* [Rent as criterion of economic accessibility of forest resources] Aktual'nye problemy lesopromyshlennykh proizvodstv [Actual problems of timber production]. Petrozavodsk. 2002. pp. 22-25.
12. Chuprov N.P. *Metodika ekonomicheskoy otsenki lesnykh resursov i lesnykh zemel', dostupnosti drevesnykh resursov i formirovaniya platy za resursy* [Methodology of economic assessment of forest resources and forest lands, availability of wood resources and the generation fee resources]. Arkhangelsk, 2003. 45 p.
13. Jejsmont O.A., Petrov A.P., Logvin A.V., Boske B. *Otsenka lesnoy renty i effektivnost' povysheniya rentnykh platezhey v Rossii* [Evaluation of forest rents and increase the efficiency of rental payments in Russia]. Moscow: EERC, 2002. 59 p.
14. Niskanen A. Economic accessibility of forest resources in Northwest Russia. A. Niskanen, A. Petrov, G Filoushkina. Scientific paper presented in Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics and 3rd Berkeley-KVL Conference of Natural Resource Management May 21-25, 2002, Gilleje, Denmark.

THE FEATURES OF THE SEMANTIC STRATEGY OF TERM COINAGE
IN POLITICAL TERMINOLOGY

ОСОБЕННОСТИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ОБРАЗОВАНИЯ ТЕРМИНОВ
НА ПРИМЕРЕ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

А.А. КОСАРИНА, *филологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,*
А.Е. ФЕДОТОВА, *филологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

alexa7979@yandex.ru

ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, филологический факультет
119991, Москва, Ленинские горы, ГСП-1, 1-й корпус гуманитарных факультетов

Современный мир в высшей степени подвержен изменениям, влияющим на любую область человеческой деятельности. Изменения в терминологии также происходят непрерывно с развитием данной области знаний или самой системы терминологии, например, тенденции к глобализации, лаконизму, семантической прозрачности, а также других основных тенденций современного терминоведения. В данной статье рассматривается одна из наиболее продуктивных стратегий современного терминообразования – семантическая (другими основными стратегиями образования новых терминов является заимствование и морфологическая стратегия, а также семантическая стратегия). Особенности данной стратегии является изменение значения заимствованного слова (чаще сужение, чем полное изменение), полное сохранение плана выражения данного слова и консубстанциональность новых единиц терминологии. Источниками новых терминов становятся слова общего пласта лексики, единицы номенклатуры (номены), имена собственные, термины других областей знания (родственных, например, бизнеса, и не родственных, к примеру, религии) и других стран (например, французской терминологии). Сужение значения подразумевает сохранение основных сем оригинальной единицы лексики, так как значение нового термина основано на определении оригинального слова. Основными методами заимствования можно считать метафорический (по сходству) и метонимический (по смежности). В статье приводится анализ данной стратегии и ее методов на примере политической терминологии. Рассматриваются определения терминов ряда словарей политической терминологии и других источников, например, новостей ресурсов Би-Би-Си. Статья в особенности рассматривает метафоры, появляющиеся в политической терминологии, а также заимствованные из метафор общего пласта лексики.

Ключевые слова: политология, терминология, заимствование, стратегии заимствования терминов.

The development of terminology is a constant process. With the development of a given science new notions appear, and thus new terms are coined, and the old ones become outdated, making the term old-fashioned. The reasons why new terms appear also include certain processes taking place within the framework of the terminology system itself, for example, the trends to globalization, laconism, semantic transparency etc.

According to A.G. Anisimova, the main strategies of the term coinage are the semantic, morphological, syntactical strategy and borrowing [1].

The semantic strategy is one of the most productive, since in this case specific lexical units are borrowed from general lexis through metaphoric or metonymic criteria without any changes in the expression plane. A term can be based on a metaphor if there is ‘a resemblance of two contradictory or different objects <...> based on a single or some common characteristics’ [3], and one of these objects is denoted with a word of the general lexis and the other is denoted with a term. For example:

Light at the end of the tunnel – a phrase often used in diplomatic negotiations, when there has been a deadlock or an impasse on reaching an agreement or an understanding, signifying that an end is in sight <...> [2, p. 284];

Palace guard – a ruling junta; or loyal followers; those who actually hold power in the state [2, p.357].

The term coinage is based on metonymy if ‘the word we use to describe [a notion of the field of knowledge] is closely linked to [the general notion], but is not a part of it’ [3]. For example,

Paper trail – writing recorded on a paper, or a voice recorded on a tape, if preserved and retrieved when need arises, becomes a document. <...>A paper trail works to the detriment of lawbreakers [2, p. 359];

Ghost Vote – the practice of casting ballots in elections using the names of persons no longer alive [2, p. 192].

In either case, the meaning of a term is based on a meaning of a general lexical unit and thus in most cases corresponds to

the main senses of the latter. For example, a term Trojan Horse (I) is based on the general language metaphor with the same expression plane (II):

Trojan Horse I – a term often used in practical politics to describe deceitful practices (i.e., the infiltration of enemy troops or agents into the territory of another state for hostile purposes) [2, p. 517];

Trojan Horse II – someone or something intended to defeat or subvert from within usually by deceptive means [4].

Thus, the main sense of a deceitful practice intended to harm someone is preserved both in the term and the general lexical unit, but the term has a significantly narrower meaning and a more accurate definition.

The same process of narrowing the term meaning takes place even in the case when the general lexical unit is not a metaphor itself:

Maverick [politician] – one who is flamboyant in his political style, unorthodox, unusual, different from most; also, one who never follows a party's line, but proceeds on his own; one who is doing things his/her way [2, p. 301];

Maverick – an independent individual who does not go along with a group or party [5]

Here the main meaning is also preserved, but the definition of a term is much more precise and reflects the fact that the term is part of a certain system of notions.

Yet there are also certain terms that completely changed their meanings during the process of terminologization:

Open Shop – a place of work where membership in a labour union is not required [2, p. 349].

As the terms are coined from general lexis, all of them are consubstantial, and as his strategy is one of the most productive in the English language, the high proportion of consubstantial terms is highly characteristic of political terminology.

The semantic strategy can also presuppose term borrowing from the specific lexis. The issue of the distinction between terminol-

ogy and nomenclature is of high importance and has been studied by a number of scientists [1; 5–9]. In this case the model is different: the term is not chosen by metaphoric or metonymy criteria and its meaning is usually not narrowed. Since a unit of nomenclature is already part of the lexis of a certain field of knowledge and is usually described by a term that is its *genus proximum*, its meaning is already limited to the framework of the given field of knowledge.

A unit of nomenclature may undergo the process of terminologization in case that there have been changes in the system of the given field of knowledge. First, it can become a term if it acquires another meaning, which is more general than its original meaning and defines not an object of the extralinguistic reality or an event but a notion, a part of a system. For example:

Fifth column - the Spanish nationalist general, Emilio Mola (1887–1937), when asked at a press conference which of four army columns he expected to capture Madrid, answered 'the fifth column, meaning organized sympathizers within the city. Hence: sympathizers within an opposition camp who organize its subversion' [6, p. 249].

The unit appeared as a metaphor, then used to be a unit of nomenclature denoting one particular part of the war and then with time turned into a term and is now widely used to denote such a strategy, for example, in the BBC news: 'the danger of fuelling public anger against a so-called fifth column of traitors' [7], 'The Fourth Estate in Pakistan is deeply penetrated by the Fifth Column' [7].

The second case in which a nomenclature unit may become a term is if the science itself develops to an extent that the given unit becomes a *genus proximum* for other specific lexical units, thus becoming a more general notion.

For example, the unit **civil rights** appeared in Ancient Rome (as *iuscivis*) and referred to the rights of the Rome citizens. Yet the system of civil rights developed together with the world evolution and now is a sophisticated structure of 'the political, social, and

economic rights that each citizen has by virtue of simply being a citizen, and which are usually upheld by law [8, p. 79].

The terms can also be borrowed from Proper names, usually either through the process of its transformation into the unit of general lexis and, then, terminologization.

For example, the word **billingsgate** had been a Proper name of a market in London but now is a word that is frequently used in texts on policy, which may sign that it is to become a part of specific lexis and then a term: *'the billingsgate common to the lower political quarreling'* [9].

Another example is the term **boycott**. We can see that the term originated from a unit of general lexis if we compare its definition in the political dictionary (I) and its description (I):

Boycott I – *an orchestrated way of showing disapproval, such as by no attending a meeting or avoiding a country's or company's products, so as to punish or apply pressure for change of policy or behavior. The term originated with captain Boycott, an Irish landlord who was subjected to this treatment in 1880* [8, p. 51];

Boycott II – *an instance or the use of boycotting; to boycott - to refuse to have dealings with (a person, organization, etc) or refuse to buy (a product) as a protest or means of coercion* [10].

Dictionaries on political terminology also include a significant number of terms borrowed from other fields of knowledge. Borrowings of this kind first of all include terms of neighboring sciences, which are vital for understanding the texts of the given field of knowledge. The political dictionaries include terms borrowed from juridical terminology, business lexis etc. For example, juridical terms include:

Legislature – *a law-making assembly of elected members in a formally equal relationship to one another* [8, p. 303];

The examples of the business terms include: **State capture** – *obtains when a small number of firms (or such entities as the military) is able to shape the rules of the game*

to its advantage through massive illicit, and non-transparent provision of private benefits to officials and politicians [8, p. 509].

Another neighboring science which is a source for borrowings is economics:

Monetarism *Name given to an economic policy which sees the control of the money supply as crucial to the control of inflation and which, by implication, condemns government attempts to reflate the economy through public spending (which must in normal circumstances increase the money supply)* [8, p. 448].

In these cases the definition of the political dictionary is not much different from the definition of the dictionaries of the given field of knowledge. For example:

Original jurisdiction I – *the right of a court, usually a minor or trial court, to hear a case at its inception* [8, p. 617];

Original jurisdiction II – *the authority of a court to hold a trial, as distinguished from appellate jurisdiction to hear appeals from trial judgements* [11].

These two definitions differentiate only in certain details, as the systems of notions of the sciences interweaved. Yet if a term is borrowed not from a neighboring science the meaning of the term broadened and less accurate. For example, terminology of philosophy can be illustrated by the following term:

Marxism – *Marxism has two distinct parts: theoretical, and practical. Theoretically it involves adherence to the ideas of Marx, together with a political commitment to proletarian revolution of the kind described and foretold by Marx. Practically, it involves Marxist praxis, within the context of a 'bourgeois' state, <...>.* [6, p. 425].

Examples of terms of other sciences include the following:

Play – *The disposition to enjoy doing something with reason, but for no independent purpose: the essential human activity from which on one view (that of Schiller, Letters on Aesthetic Education, 1801) all aesthetic experience derives, and which forms an important underlying structure in leisure* [6, p. 527] [aesthetics];

Cleavage – *term borrowed from its geological meaning to denote the splitting of*

a political system along ethnic or ideological lines [8, p. 84] [geology];

Game theory – *a branch of mathematics (developed by O. Morgenstern and J. von Neumann), originally developed as a theory of the market economy, but offering a way of formalizing many social and political problems and activities.[6, p. 268] [mathematics];*

Ritual - *An action which follows a repeatable pattern, which has the sanction of custom, and whose meaning is symbolic, even though it cannot usually be captured by what the agent may say in explanation of it [6, p. 605] [religion].*

All of these definitions are quite vague and its meanings are simplified to the general scientific meaning.

The next group of terms are those that were borrowed from other languages. In political terminology a lot of terms are borrowed from French, for example:

agent provocateur – *an official of police, secret police, or an intelligence service whose task is to entice one to reveal some secret information or to commit a crime, usually an offence against the state or the government [2, p. 8];*

raison d'Etat – *in the French language «the reason of the state». Also, a political concept emphasizing the existence of the state as an end in itself, which, in the final analysis, has the right to employ any means it chooses for the protection of its citizens [2, p. 429];*

laissez-faire – *a guiding principle of free enterprise systems, laissez-faire is a French phrase which literally means «let do.» It refers to the belief that government should not intervene in the conduct of trade and industry [12];*

aide de camp – *an officer who serves as confidential assistant and secretary to a higher ranking officer, such as a general [12];*

Terms can be also borrowed from other languages, for example:

realpolitik – *German term now used in English that means politics based on strictly practical rather than theoretical or*

idealistic notions, and practised with a hard or cynical edge, without any sentimental illusions [12];

mugwump – *in the language of the Algonquin Indians, «a leader», «chief», «self-proclaimed chief», or «holier than you». A term often used in American politics to describe one who considers himself good enough to be a leader rather than a follower [2, p. 318].*

Thus, one of the four main strategies of the term coinage is the semantic strategy which presupposes borrowing the terms from general lexis, units of nomenclature, Proper names, terms of other sciences and of other languages without changing their expression plane. The main tendency in such borrowing is the narrowing of the meaning, less often the meaning is fully changed.

Библиографический список

1. Анисимова, А.Г. Методология перевода англоязычных терминов гуманитарных и общественно-политических наук: дисс. ... д-ра филол. наук / А.Г. Анисимова. – М., 2010. – С. 60–120.
2. Walter John Raymond, 'Dictionary of Politics: Selected American and Foreign Political and Legal Terms'. Brunswick Publishing Corporation, 1992.
3. <http://literarydevices.net>.
4. <http://www.merriam-webster.com>.
5. <http://dictionary.reference.com/browse/maverick?s=t>.
6. Roger Scruton 'The Palgrave Macmillan Dictionary of Political Thought', 3rd edition, New York: Palgrave Macmillan, 2007, p. 249.
7. <http://www.bbc.com/news/world-europe-31691946>.
8. Iain McLean, Alistair McMillan 'The Concise Oxford Dictionary of Politics', Oxford University press, 2009.
9. <http://slovar-vocab.com/english/websters-international-vocab/billingsgate-8450430.html>
10. <http://www.thefreedictionary.com/boycott>
11. <http://dictionary.law.com/>
12. American Spirit Political Dictionary (<http://www.iamericanspirit.com/>)
13. Гринев-Гриневиц, С.В. Терминоведение / С.В. Гринев-Гриневиц. – М.: Академия, 2008. – 304 с.
14. Мельников, Г.П. Основы терминоведения / Г.П. Мельников. – М.: Изд-во ун-та дружбы народов, 1991. – 116 с.
15. Olga Akhmanova, Galina Agarova «Terminology: theory and method», Moscow, MSU, 1974.
16. Кондрашов, В.В. О характере и системности единиц военной номенклатуры в странах английского языка / В.В. Кондрашов // Актуальные вопросы лексикологии. – Новосибирск, 1971. – С. 67–69
17. Суперанская, А.В. Общая терминология: Вопросы теории / А.В. Суперанская, Н.В. Подольская, Н.В. Васильева. – М.: Книжный дом «Либроком», 2012. – 246 с.

THE FEATURES OF THE SEMANTIC STRATEGY OF TERM COINAGE IN POLITICAL TERMINOLOGY

Kosarina A.A., Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University; **Fedotov A.Ye.**, Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University

alexa7979@yandex.ru

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Philology
Russia, 119991, Moscow, 1-51 Leninskiye Gory, GSP-1, 1st Corps Humanitarian faculties

With the intense development of a given science new notions appear, and thus new terms are coined, and the old notions become outdated, making the term old-fashioned. The reasons why new terms are appearing include certain processes which take place within the framework of the terminology system itself, for example, the trends to globalization, laconism, semantic transparency etc. One of the four main strategies of the term coinage is the semantic strategy (the other three are borrowing, morphological strategy and syntactical strategy) which presupposes borrowing the terms from general lexis, units of nomenclature, Proper names, terms of other fields of knowledge, neighbouring fields of knowledge, for example, business, and non-neighbouring ones, for instance, religion, and of other languages, for example, French, without changing their expression plane. The main tendency in such borrowing is the narrowing of the meaning, which is based on the meaning of a general lexical unit and thus in most cases corresponds to the main senses of the latter; less often the meaning is fully changed. The main methods are the metaphoric and metonymic borrowings. The article provides for the analysis of this strategy on the example of political terminology and a variety of political dictionaries and other political sources.

Key words: terminology, politics, nomenclature, term coinage, semantic borrowing.

References

1. Anisimova A.G. *Metodologiya perevoda angloyazychnykh terminov gumanitarnykh i obshchestvenno-politicheskikh nauk* [Methodology translation English terms being socially-humanitarian and political sciences: diss. ... Dr. Philology. Science]. Moscow, 2010. pp. 60-120.
2. Walter John Raymond, 'Dictionary of Politics: Selected American and Foreign Political and Legal Terms'. Brunswick Publishing Corporation, 1992.
3. <http://literarydevices.net>.
4. <http://www.merriam-webster.com>.
5. <http://dictionary.reference.com/browse/maverick?s=t>.
6. Roger Scruton, 'The Palgrave Macmillan Dictionary of Political Thought', 3rd edition, New York: Palgrave Macmillan, 2007, p. 249.
7. <http://www.bbc.com/news/world-europe-31691946>.
8. Iain McLean, Alistair McMillan 'The Concise Oxford Dictionary of Politics', Oxford University press, 2009.
9. <http://slovar-vocab.com/english/websters-international-vocab/billingsgate-8450430.html>
10. <http://www.thefreedictionary.com/boycott>
11. <http://dictionary.law.com/>
12. American Spirit Political Dictionary (<http://www.iamericanspirit.com/>)
13. Grinev-Grinevich C.V. *Terminovedenie* [Terminology]. Moscow: Akademiya, 2008. p. 304
14. Mel'nikov G.P. *Osnovy terminovedeniya* [Fundamentals of terminology]. Moscow: Publishing House of the Univ of Friendship of Peoples, 1991. p. 116
15. Olga Akhmanova, Galina Agapova 'Terminology: theory and method', Moscow, MSU, 1974.
16. Kondrashov V.V. *O kharaktere i sistemnosti edinits voennoy nomenklatury v stranakh angliyskogo yazyka* [The nature of military units and systematic nomenclature in English-speaking countries]. Actual problems of lexicology. Novosibirsk, 1971. pp. 67-69
17. Cuperanskaya A.V., Podol'skaya N.V., Vasil'eva N.V. *Obshchaya terminologiya: Voprosy teorii* [Common Terminology: Theory]. Moscow: Book House «Librokom», 2012. p. 246

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПОЛИГОН КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В ЕДИНОБОРСТВАХ

М.К. УМАРОВ, доц. каф. физической культуры и спорта МГУЛ, асп. ВНИИФК,
 А.А. НОВИКОВ, зам. директора ВНИИФК, д-р пед. наук,
 Е.Я. КРУПНИК, доц., тренер по самбо и дзюдо МАИ, канд. пед. наук,
 А.В. САФОШИН, проф. каф. теор. основ физ. культ. и спорта МПГУ, канд. пед. наук,
 Н.А. ТАРЫЧЕВ, ст. преподаватель каф. физической культуры и спорта МГУЛ,
 М.М. УМАРОВ, МГУЛ,



info@vniifk.ru, murad-u@mail.ru, stam67@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»,
 141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1,

ФГБУ «ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт физической культуры и спорта»,
 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10,

ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4,

ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет»,
 119571, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 88.

Статья посвящена подготовке спортсменов высокой квалификации в спортивных единоборствах на основе трехуровневой системы тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов-единоборцев. В научном исследовании, проходившем на базе ВНИИФК и МГУЛ, авторы доказывают, что совершенствование подготовки спортсменов сборных команд по различным видам спортивных единоборств зависит от определения резервных возможностей спортсменов. Ключом к решению проблемы управления подготовкой спортсменов сборных команд России является глубокая и тесная закономерная связь всех элементов, влияющих на высокий спортивный результат. Наиболее важны элементы целостного процесса, не просто механически взаимосвязанные, а взаимодействующие между собой так, что, влияя друг на друга, образуют целостную структуру. Такой подход необходим в сопоставлении исходных данных с прогнозируемыми результатами, что позволит для каждого спортсмена разработать целевую программу спортивной подготовки к важнейшим соревнованиям, а в случаях необходимости и ее коррекцию. Разработка интерактивного полигона фиксации предельных возможностей спортсменов в единоборствах позволит предупредить о возможных серьезных изменениях в основных элементах двигательной деятельности человека. Предлагаемая модель двигательной деятельности профессиональных спортсменов в предельных режимах рассматривается в рамках комбинационного, темпового и силового типов спортсменов с учетом разрабатываемых методов оценок и последующих рекомендаций. Разработанная концепция исследования позволила определить все основные элементы подготовки высококвалифицированных спортсменов, позитивно влияющие на спортивный результат сборных команд по спортивным единоборствам.

Ключевые слова: моделирование, научно-методический стенд, спортивное мастерство, управление подготовкой спортсменов, спортивные единоборства.

Моделирование соревновательной деятельности на специальных научно-методических стендах отражает естественный системный процесс реализации элементов трехуровневой системы управления не в лабораторных условиях, а в условиях соревновательной борьбы [6].

В процессе многолетних исследований в качестве модельных характеристик соревновательной деятельности (СД), спортивного мастерства и систем организма спортсменов включают такие элементы, которые объективно выделены в ходе соревновательных поединков, отображают их достоверность и влияют на спортивный результат [7]. В основе этих элементов лежат показатели трехуровневой системы тренировочной и соревнователь-

ной деятельности спортсменов-единоборцев (табл. 1).

Важнейшим фактором интерпретации модели управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов (ВКС) является оценка предельных и резервных способностей как в тактико-техническом мастерстве, так и системах организма, обеспечивающих двигательные действия [5]. Эти показатели весьма важны и необходимы для того, чтобы определить резервные возможности роста мастерства спортсменов и, соответственно, спортивного результата, а также для своевременных мероприятий по сохранению здоровья атлетов [6].

В ВНИИФК в рамках обеспечения работы комплексных научных групп по видам спорта, проводящих этапные, текущие обсле-

Элементы трехуровневой системы тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов-единоборцев
Elements of a three-tier system of training and competitive activity of the single combat athletes

I уровень – соревновательная деятельность										
Техническое мастерство				Тактическое мастерство						
Эффективность атакующих действий (ЭА)	Надежность защитных действий (НЗ)	Интервал атаки и кол-во успешных атак (ИА)	Надежность выполнения приема в условиях помех (НП)	Количество способов тактической подготовки	Отношение времени спуртов по периодам	Количество комбинаций за турнир				
						Время схватки				
Скоростно-силовая подготовка		Специальная выносливость		Психическое состояние						
Среднее время спурта в турнире, время для приема	Количество скоростно-силовых действий, сковываний	Время ведения атак в схватке: за 1 мин, общее	Сумма времени попыток и оцененных атак	Устойчивость эмоционального состояния	Проигранные баллы по периодам		Выигранные баллы по периодам			
II уровень – мастерство спортсмена (на стенде)										
Техническое мастерство				Тактическое мастерство						
Биомеханический анализ излюбленных приемов динамической ситуации первоначального прикосновения (ДСПП)	Максимальные показатели M, F, t в динамике продолжительности схватки (5–6 мин)	Педагогическая оценка (по 5-балльной шкале)	Устойчивость технико-тактических действий (ТТД) на основные помехи (сбивающие факторы)	Планирование реальных и ложных атак по периодам		Время оценки удобной ситуации по видеозаписи		Комбинации (количество)		
	M, F, t									
Скоростно-силовая подготовка				Специальная выносливость						
Показатели скоростно-силовой подготовки (сковывания соперника) в излюбленных приемах в 6-минутном поединке, высокая надежность при выполнении приемов			Скоростно-силовая тренировка (t , кол-во атак)	Падение активности борца в 6-минутном поединке (предупреждения)		Проигранные баллы по периодам		Выигранные баллы по периодам		
Психологическая подготовка (по 5-балльной оценке) Мотивация на выполнение плана борцовского поединка										
Сейсмотрёморография	Психодиагностика			Механизмы саморегуляции (управление агрессией)			Волевые показатели			
III уровень – функциональная подготовленность										
Нервно-мышечная система				Центральная нервная система						
Состояние НМА (электромиография, полидинамография)		Отношение произвольного сокращения мышц к вызванному (F, V, W)		Реакциометрия		Теппинг-тест		Реакция на движущийся объект (РДО)		
Сердечно-сосудистая система, дыхание, кровь										
Электрокардиография, ритмокардиография		Артериальное давление до и после 5-минутной стандартной нагрузки		Ортопроба (сидя-стоя)		PWC 170, МВЛ, МПК		La ⁺ (Лактат), Н ⁺ , Гемоглобин, Мочевина, КФК		

дования и обследования соревновательной деятельности спортсменов сборных команд страны, под руководством А.А. Новикова М.К. Умаровым было проведено научное исследование, целью которого стала реализация дальнейшего совершенствования трехуровневой системы управления подготовкой спортсменов по видам спортивных единоборств.

В исследовании много внимания уделялось совершенствованию научного и научно-методического обеспечения подготовки сборных команд по спортивным единоборствам России к летним Олимпийским играм 2008 г. и к зимним 2010 г. Проверка экспериментальных данных проходила на созданном группой ученых Всероссийского научно-исследовательского института физической культуры и спорта научно-исследовательском стенде для комплексных обследований спортсменов сборных команд и МГУЛ [10].

В частности, научным путем определялись показатели по первому уровню трехуровневой системы тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов-единоборцев, представленные в табл. 2.

Данные обследований и наблюдений позволяют определить стратегию и тактику совершенствования спортивного мастерства у единоборцев [8]. Эти данные необходимо рассматривать с учетом индивидуальных особенностей спортсмена (силовой, темповой и комбинационный типы).

Рассогласование исходных и прогнозируемых данных элементов системы позволит точно осуществлять планирование учебно-тренировочного процесса. По полученным данным определяется нахождение пределов возможностей борцов, подходы, методы и средства повышения спортивного результата и сохранение здоровья. Например, борец Александр Медведь на Мюнхенской Олимпиаде в последней финальной схватке стал трехкратным олимпийским чемпионом, но получил при этом аритмию сердца, хотя врачи и предполагали возможный неблагоприятный исход для него. Спортсмен греко-римской борьбы Александр Карелин, трехкратный олимпийский чемпион, на четвертой олимпиаде потерпел поражение в финальной схватке от спортсме-

на из США. Евгений Плющенко (фигурное катание) на Сочинской Олимпиаде занял второе место в командном зачете, а в личном зачете на тех же Олимпийских Играх в Сочи-2014 снялся с соревнований ввиду травмы. Поэтому глубокое обследование спортсменов с помощью научно-методических стендов-полигонов, моделирующих соревновательную деятельность, мастерство спортсменов и состояние систем организма позволит объективно предвидеть деятельность каждого спортсмена, претендующего на высокие спортивные результаты или завершение спортивной карьеры по состоянию показателей трехуровневой системы.

На основании исследований, связанных с видеоанализом соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов, осуществлен уникальный подход к предельному количеству выполнения тактико-технических действий, т.к. это обеспечивает высокую активность единоборцев, а также зрелищность спортивной борьбы и ее будущее. В этой связи мы провели исследования, связанные с видеоанализом соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов по самбо. Теоретически проведена регистрация схваток по количеству тактико-технических действий в 5-минутной схватке. Спортсмен комбинационного типа на тактическую подготовку в среднем затрачивает 22 с, на способ тактической подготовки – 2–3 с, на выполнение приемов 2 с и на вставание и продолжение схватки еще 8–10 с, т.е. всего за 35–38 с. И за 5 мин поединка он может выполнить 8–9 приемов. Это и будет являться теоретическим пределом. Спортсмены темпового и силового стиля на тактическую подготовку в среднем затрачивают 25 с. На переход в стойку и продолжение схватки еще 8–9 с.

Спортсмены темпового и силового стиля на тактическую подготовку в среднем затрачивают 25 с. На переход в положение стоя и продолжение схватки еще 8–9 с.

Еще в 2012 г. этих теоретических показателей, например у борцов (выступающих по вольной и греко-римской борьбе) комбинационного типа, было на 30 %, а у борцов темпового и силового типов на 20 % меньше, чем в 1988. Но в 2013 г. после изменения и дополнения правил соревнований эти показатели

Варианты различных условий пусковой динамической ситуации и их шифры
Options for different conditions of a trigger dynamic situation and their numbers

Шифр модели	Содержание модели	Моделируемые условия
1	Дистанция = 0 см Уровень захвата = 12 см Зажимная гайка затянута. Груз $P = 0$ кг	Исходное положение (ИП) – основная стойка (ОС). Сопротивление отсутствует. Дистанция: пятки-пятки. Уровень захвата низкий. Расслабление в ПДС (Предпусковая динамическая ситуация) не предусмотрено
2	Дистанция = 0 см Уровень захвата = 37 см Зажимная гайка затянута. Груз $P = 0$ кг	ИП-ОС. Сопротивление отсутствует Дистанция: пятки-пятки Уровень захвата средний Расслабление в ПДС не предусмотрено
3	Дистанция = 0 см Уровень захвата = 62 см Зажимная гайка затянута Груз $P = 0$ кг	ИП-ОС. Сопротивление отсутствует Дистанция: пятки-пятки Уровень захвата высокий Расслабление в ПДС не предусмотрено.
4	Дистанция = 0 см Уровень захвата = 12 см Зажимная гайка ослаблена Груз $P = 10$ кг для борцов весовой категории 65-80 кг и 12,5 кг для борцов весовой категории 80–95 кг	ИП – прямая стойка. Сопротивление малое Дистанция: пятки-пятки Уровень захвата низкий. В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника.
5	Дистанция = 0 см Уровень захвата = 37 см Зажимная гайка ослаблена Груз $P = 10$ кг и 12,5 кг	ИП – прямая стойка. Сопротивление малое Дистанция: пятки-пятки. Уровень захвата средний. В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника
6	Дистанция = 0 см Уровень захвата = 62 см Зажимная гайка затянута Груз $P = 10$ кг. и 12,5 кг	ИП– прямая стойка. Сопротивление малое Дистанция: пятки-пятки. Уровень захвата высокий. В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника
7	Дистанция = 30 см Уровень захвата = 12 см Зажимная гайка ослаблена Груз $P = 17$ кг для борцов весовой категории 65–80 кг и 23 кг для борцов весовой категории 80–95 кг	ИП – средняя стойка. Сопротивление отсутствует. Дистанция: пятки-носки Уровень захвата низкий В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника
8	Дистанция = 30 см Уровень захвата = 37 см Зажимная гайка ослаблена Груз $P = 17$ кг. и 23 кг	ИП – средняя стойка. Сопротивление среднее Дистанция: пятки-носки. Уровень захвата средний. В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника
9	Дистанция = 60 см Уровень захвата = 12 см Зажимная гайка ослаблена Груз $P = 28$ кг для борцов весовой категории 65–80 кг и 35 кг для борцов весовой категории 80–95 кг	ИП – согнутая стойка Сопротивление большое Дистанция носки-носки Уровень захвата низкий В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника
10	Дистанция = 60 см Уровень захвата = 30 см Зажимная гайка ослаблена Груз $P = 28$ кг и 35 кг	ИП – согнутая стойка. Сопротивление большое. Дистанция носки-носки. Уровень захвата средний. В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника
11	Дистанция = 60 см Уровень захвата = 62 см Зажимная гайка ослаблена Уровень захвата высокий.	ИП – согнутая стойка. Сопротивление большое. Дистанция носки-носки В ПДС предусматривается расслабление мышц, фиксирующих тазобедренные суставы противника

существенно возросли, что улучшило качество схваток и зрелищность соревновательной борьбы в целом [7].

Научно-методический стенд – интерактивный полигон, моделирующий соревновательную деятельность, позволит решать принципиальную задачу – определение предельных и резервных возможностей спортсменов. Например, основным показателем, влияющим на надежность выполнения приема, является защита соперника, то есть преодоление атакующим защиты атакуемого. Нами разработана модель защиты соперника – это 11-ранговая система упражнений (система шифра) с постепенно усложняющимися условиями выполнения приемов. То есть определяется номер (шифр) упражнения, на которое атакующий спортсмен не в состоянии ответить приемом борьбы – это и есть предел для него на данный период времени.

В дальнейшем при постоянном тестировании спортсменов определяется динамика роста падения или стабилизации этого показателя при стремлении спортсмена к «шифру 11». Спортсмен, достигнувший предельного показателя и не способный к дальнейшему совершенствованию технических действий на основные помехи или тактические ошибки, может либо овладеть новыми техническими приемами или связать техническое действие в комбинации с другими приемами. В том числе появляется возможность проанализировать способность борца к дальнейшему росту технико-тактического мастерства. Таким образом, потребуется глубокое изучение состояния спортсмена на перспективу с позиций трехуровневой системы управления.

Такая же детализация анализа подготовленности спортсмена должна быть и в оценке тактического мастерства, физической, психологической и других видов подготовки [1].

С помощью видеоанализа, удобных обстановок для реализации выполнения приема на соответствующую ситуацию или создания таких ситуаций для атакующего спортсмена на интерактивном полигоне оценивается качество выполнения способов тактической подготовки, осуществление или невыполнение приемов и своевременности их проведения.

Оценка специальной физической подготовленности у спортсменов определяется с помощью электромиографии, а также одновременно на полидинамографе для изучения предельных возможностей каждой мышечной группы единоборца для повышения спортивного мастерства.

Оценка психологического состояния при предельных усилиях осуществляется с помощью треморометрии перед схваткой, а также при выполнении заданий тренера на реализацию задач в соревновательной борьбе. И, наконец, на третьем уровне оцениваются предельные возможности основных систем организма и возможные степени их роста. Определяется уровень координационных возможностей (показатели ЦНС), особенно в острых конкретных динамических ситуациях схватки, а также во время успешного выполнения технико-тактических действий, особенно для спортсменов комбинационного типа [2].

В середине соревновательного поединка характерной особенностью для спортсменов силового типа является тактика сковывания противника и выполнения технического приема в завершении периодов схватки. Для спортсменов темпового типа является тактика выполнения простых технических действий на фоне утомления соперника. Спортсменов комбинационного стиля характеризует выполнение комбинаций технических приемов, связок технических действий в ходе всей соревновательной схватки.

Для совершенствования спортивного мастерства весьма значительна оценка нервно-мышечной системы, т.к. именно этой системе принадлежит ведущая роль в реализации технико-тактических приемов [3]. Важно также оценить ее в процессе статики, что необходимо для спортсменов силового и комбинационного типов [9]. Для этого на стенде устанавливаются специальные датчики, которые регистрируют скоростно-силовые характеристики, а также определяются предельные показатели этих характеристик на стенде и во время выполнения технических приемов. Здесь необходимо учитывать, в каком элементе имеются слабые звенья при выполнении технических приемов на фоне предельных усилий, особенно при выпол-

V Всероссийский турнир по спортивной борьбе на призы академика А.А. Новикова



нении тактико-технических действий, спуртов, контратак, комбинаций технических действий.

Специальная выносливость – биохимия крови, функция регуляции сердечного ритма, дыхания оцениваются в процессе моделирования шестиминутных соревновательных поединков – в течение дня (2–4 таких поединка).

Получив ответы на вышеперечисленные характеристики, необходимо с учетом индивидуальных особенностей спортсмена определить тесные взаимосвязи элементов трехуровневой системы. Для каждого спортсмена имеется особая взаимосвязь этих элементов. Например, у Дж. Брунера [2]: «когда элементы целого не просто объединены механически и не просто связаны, а связаны между собой так, что взаимно влияют друг на друга, причем это влияние достаточно существенно, имеет смысл говорить о том, что элементы системы образуют структуру».

Как показано в наших исследованиях, надежность атаки (НА) – первый уровень трехуровневой системы взаимосвязан с биомеханическими характеристиками технико-тактического мастерства, специальной физической подготовленностью и других составляющих. Т.е. со вторым уровнем системы, который взаимодействует с третьим уровнем – системами организма и психикой (центральной нервной системой (ЦНС), нервно-мышечным аппаратом (НМА), сердечнососудистой системой (ССС) и др.). Этот методологический подход позволяет прогнозировать и планировать перспективу роста спортивного мастерства единоборцев с учетом требований, детализирующих глубину взаимосвязей элементов трехуровневой системы управления подготовкой спортсменов сборных команд страны с учетом их индивидуальных особенностей.

Сегодня важно понимать, что спорт высших достижений – это единственная модель деятельности, при которой у выдающихся спортсменов функционирование всех систем организма проявляется в зоне абсолютных физических и психических пределов возможностей здорового человека. По результатам ранее проведенных исследований [5] можно констатировать, что после физических и психических нагрузок в условиях централизованного трени-

ровочного сбора (ЦТС) определены три принципиальных варианта выхода спортсменов ($n = 40$) высокой квалификации на следующие уровни готовности к соревновательной деятельности:

– высокий – примерно у 27,5 % обследованных спортсменов, с динамикой увеличения, с исходного сниженного – 2 балла (оценка текущего функционального состояния по Р.М. Баевскому) функционального состояния вегетативной регуляции (ФСВР), до высокого – 16 баллов, с одновременным снижением текущего функционального уровня центральной нервной системы (ТФУ ЦНС) на 33,67 %, с высокого (4,99 – оценка по А.М. Зимкиной и Т.Д. Лоскутовой) до среднего (3,31);

– средний – у 47,5 % обследованных спортсменов, с возвратом в завершении ЦТС к исходному, удовлетворительному уровню – 8 баллов ФСВР, с одновременным снижением ТФУ ЦНС на 14,77 %, с высокого (4,13) до среднего (3,52);

– низкий – у 25,0 % обследованных спортсменов, с динамикой снижения исходно высокого – 12 баллов ФСВР до сниженного (–4), с одновременным повышением ТФУ ЦНС на 15,17 %, в пределах показателей среднего уровня в начале (3,23) и завершении (3,72) ЦТС.

Научно-методический стенд-полигон, моделирующий соревновательную деятельность спортсмена, дает возможность комплексного анализа и оценки его спортивной деятельности на основе трехуровневой системы управления подготовкой, что позволит разработать каждому спортсмену точный прогноз планирования тренировки и соответственно спортивного результата [4].

Подводя итоги, необходимо отметить, что разработанная трехуровневая концепция управления подготовкой сборных команд по спортивным единоборствам позволила определить, в основном, все элементы, позитивно влияющие на спортивный результат. Причем, что очень важно, для каждого спортсмена определяется взаимосвязь этих элементов с учетом индивидуальных особенностей – силового, темпового и комбинированного стилей (типы) борьбы. Задача на последующие годы в развитии трехуровневой системы состоит в том, чтобы каж-

дый спортсмен в процессе системного контроля в условиях модели СД совместно с тренером и специалистами комплексной научной лаборатории (КНЛ) разработал программу роста спортивного мастерства и планировал целенаправленные восстановительные мероприятия.

Необходимо понимать, что адекватность концепции в процессе совершенствования спортивного мастерства, с постоянным ростом спортивного результата, основана на том, что единоборец приближает системы своего организма и психику к апогею их предельных возможностей функционирования. Для осуществления эффективного управления процессом спортивной подготовки каждый элемент трехуровневой системы необходимо оценивать современными, уникальными методами контроля на основе специфики соревновательной деятельности спортсмена.

Библиографический список

1. Баранкин. С.Ю. Инновационная педагогика и психология в спорте: Коллективная монография / С.Ю. Баранкин. – М.: РАМОС, 2013. – 432 с.
2. Брунер. Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации / Дж. Брунер: монография. – М.: Прогресс, – 1977.
3. Иванков, Ч.Т. Моделирование соревновательных ситуаций на занятиях по единоборствам на основе тренажерных устройств / Ч.Т. Иванков, И.С. Зенченко, Г.Д. Костин, М.В. Арустамян // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта, № 6 (112), – 2014. – С. 79–83.
4. Коджаспиров, Ю.Г. Условия развития координационных качеств в процессе подготовки борцов: / Коджаспиров Ю.Г., Караулов С. В, Крупник. Е.Я. / Мат. 12-ой международной научно-практической конф. памяти проф. Е.М. Чумакова. – М.: РГУФКСМиТ (ГОЦИОЛИФК), 2012.
5. Морозов, О.С. Общие принципы управления сложными динамическими системами в конфликтной ситуации / О.С. Морозов // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 2. – С. 15–17.
6. Новиков, А.А. Основы спортивного мастерства: монография / А.А. Новиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Советский спорт, – 2012. – 256 с.
7. Новиков, А.А. Перспективы научно-методического обеспечения высококвалифицированных единоборцев и спортивного резерва / А.А. Новиков, А.О. Новиков, Е.Я. Крупник / Мат. международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма». – УФА: УГАУ, март 2014.
8. Умаров М.К. Формирование логических компонентов технико-тактических действий в единоборствах на основе самбо / М.К. Умаров // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2014. – № 4. – Т. 18. – С. 241–245.
9. Щербакова В.Л. Информационные технологии в задачах спортивной подготовки / Межкафедральный сборник научных трудов. – М.: МАДИ, 2011.
10. <http://www.mgul.ac.ru/info/fvo/fkis/borba.shtml>

INTERACTIVE POLYGON AS A PREREQUISITE FOR INCREASING THE CAPACITY LIMITS OF ATHLETES IN MARTIAL ARTS

Umarov M.K., Assoc.Prof. MSFU, gr. VNIIFK; **Novikov A.A.**, Prof. VNIIFK, Dr. Sci. (Pedagogical); **Krupnik E.Y.**, Assoc. Prof. MAI, Ph.D (Pedagogical); **Safoshin A.V.**, Prof. MSPU, Ph.D (Pedagogical); **Tarichev N.A.**, Senior Lecturer MSFU; **Umarov M.M.**, MSFU

info@vniifk.ru, murad-u@mail.ru, stam67@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia
All-Russian Scientific Research Institute of physical culture and sports, d. 10, Elizabethan per., Moscow, 105005,
Moscow Aviation Institute, d. 4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993,
Moscow State Pedagogical University, d. 88, Prospect Vernadskogo, Moscow, 119571.

The training of athletes in martial arts researched is based on a three-tier system of training and competition of athletes of martial arts. The authors prove that the further improvement of the preparation of the athletes, teams of martial arts needs determining the reserve capacity growth of the players skill. The key to solving the problems of preparation of the Russian national teams athletes is a deep and strong natural relationship of all elements influencing the high athletic performance. The most important elements are those of a holistic process, not just mechanically interlinked but forming a coherent structure. This approach is necessary in comparing baseline data with expected results. The proposed model of motion of professional athletes in the limiting regimes is considered within the framework of the combination, temper and power types of athletes, taking into account the emerging methods of evaluations and follow-up recommendations. The developed concept of the research has allowed to define all of the elements for the preparation of highly skilled athletes that positively affect athletic performance.

Keywords: modeling, scientific and methodological stand, sports skills, management training, combat sports athletes.

References

1. Barankin S.Yu., Safoshin A.V., Strelkov V.I. *Innovatsionnaya pedagogika i psikhologiya v sporte* [Innovative pedagogy and psychology in sport]. Moscow: RAMOS, 2013. 432 p.
2. Bruner Dzh. *Psikhologiya poznaniya. Za predelami neposredstvennoy informatsii* [Cognition. Beyond the immediate information]. Moscow: Progress. 1977.
3. Ivankov Ch.T., Zenchenko I.S., Kostin G.D., Arustamyan M.V. *Modelirovanie sorevnovatel'nykh situatsiy na zanyatiyakh po edinoborstvam na osnove trenazhernykh ustroystv* [Modeling competitive situations in the classroom for arts-based training devices] Scientific and technical journal «Scientific notes University PF Lesgafta», № 6 (112). 2014. pp. 79-83.

4. Kodzhaspirov Yu.G., Karaulov S. V., Krupnik. E.Ya. *Usloviya razvitiya koordinatsionnykh kachestv v protsesse podgotovki bortsov* [Terms of coordinating qualities in the process of preparation of fighters]. Proceedings of the 12th international scientific-practical conference dedicated to the memory of Professor EM Chumakov. RGUFKSMiT (GOTSIOLIFK), Moscow, 2012.
5. Morozov O.S. *Obshchie printsipy upravleniya slozhnodinamicheskimi sistemami v konfliktnoy situatsii* [General principles of management systems slozhnodinamicheskimi in conflict]. Theory and Practice of Physical Culture. 2005. № 2. pp. 15-17.
6. Novikov, A.A. *Osnovy sportivnogo masterstva* [Fundamentals of sportsmanship]. Moscow: Soviet Sport. 2012. 256 p.
7. Novikov A.A., Novikov A.O. Krupnik E.Ya. *Perspektivy nauchno-metodicheskogo obespecheniya vysokokvalifitsirovannykh edinobortsev i sportivnogo rezerva*. [Prospects for scientific and methodological support of highly qualified martial artists and sports reserve]. Proceedings of the international scientific-practical conference «Actual Problems of Physical Culture, Sports and Tourism» UVA UGAU March 2014.
8. Umarov M.K. *Formirovaniye logicheskikh komponentov tekhniko-takticheskikh deystviy v edinoborstvakh na osnove sambo* [Formation of the logical components of technical and tactical actions in the martial arts based on Sambo]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik. 2014. № 4, Vol 18. pp. 241-245.
9. Shcherbakova V.L., Tarasova L.V., Krupnik E.Ya. *Informatsionnyye tekhnologii v zadachakh sportivnoy podgotovki* [Information technology in the problems of sports training]. Interdepartmental collection of scientific papers. MADI. Moscow, 2011.
10. <http://www.mgul.ac.ru/info/fvo/fkis/borba.shtml>

МОТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

К.Е. КЛЫЧКОВ, *каф. педагогики и психологии МГУЛ,*

А.Ю. ПЕТРОВ, *проф. каф. педагогики и психологии МГУЛ, д-р пед. наук,*

Н.Ю. ЧЕРНОВА, *доц. Нижегородского ГПУ им. К. Минина, канд. пед. наук*

klychkov@mgul.ac.ru, dr.ajpetrov@yandex.ru, nujch@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»,
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1,

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»

Представлены материалы по формированию мотивов спортивной деятельности в высшем учебном заведении. В формировании социальных мотиваций значительное место принадлежит воздействию различных факторов внешней среды; рассмотрены свойства и механизмы мотиваций. Внешняя мотивация рассматривается как средство достижения цели, а внутренняя мотивация – это понимание смысла, убежденность. Доминирующую мотивацию мы представляем как исходное качественно особое состояние организма, которое определяет его целенаправленную деятельность и характер регулирования на действие многочисленных раздражителей внешней среды. Рассмотрены мотивы как осознанные причины и побуждения к деятельности, мотивы учебной деятельности определены как направленность обучающегося на достижение целей собственного развития. При этом показано, что строгой классификации мотивации для обучения не существует. Для познавательных мотивов и мотивов обучения мы выделяем уровни, позволяющие подчеркнуть их функциональное значение, а также рассматриваем внутренние и внешние мотивы по деятельности и по достижению успеха или избегания неудачи. Особенно значимым является вопрос о типах мотивации, с которыми мы соотносим уровень мотивированности конкретного обучающегося. При этом мы выделили пять ступеней включенности обучающегося в учебную деятельность. Показано, что формирование учебной мотивации заключается в том, чтобы способствовать превращению широких побуждений обучающихся в зрелую мотивационную сферу с устойчивой структурой и доминированием отдельных мотивов. Педагогическими средствами развития учебной мотивации являются подходы и методы, раскрытые в данной статье, а также основные условия, при которых возникает интерес к обучению и развивается мотивация к производительному труду, к профессии и понимание ее нужности, важности, целесообразности изучения конкретного материала. Практика убеждает, что результативность выполненной учебной работы ведет не только к удовлетворению обучающихся, но и мотивирует их к дальнейшему повышению эффективности своего труда.

Ключевые слова: социальная мотивация, внешняя и внутренняя мотивация, учебная мотивация, типы мотивов, уровни мотивов, спортивная деятельность.

Социальные – высшие мотивации, построенные на врожденных биологических мотивациях посредством общения индивидуума в среде обитания с окружающими его различными существами, а у человека также и в социальной среде. Значительное место в формировании социальных мотиваций занимает воздействие разного рода факторов вне-

шней среды, таких как обучение, механизмы памяти и т.д. Данные факторы способны в достаточной степени изменять природу мотиваций. При сравнении голода животных и человека животные будут использовать все биологические и физические способности для удовлетворения потребностей в пище, тогда как проголодавшийся человек, дол-

го стоя у заполненных витрин магазина, не будет производить правонарушающих действий [1, 2].

Такие социальные мотивации человека, как стремление к искусству, образованию, профессии, в отличие от биологических мотиваций, формируются в быту и в процессе воспитания обществом. Это обусловлено нормами морали и права и законодательством, присущим каждому общественному строю [3, 6].

Достижение цели является средством внешней мотивации. Значимость внешней мотивации велика. Она может быть использована в двух направлениях, таких как стимул в ожидании преимущества и средство при ожидании страха. Внешние мотивации влияют на поведение, но их эффективность ограничена, пока они воспринимаются как стимул или давление. К внутренней мотивации относится понимание смысла. Она возникает, если присутствуют цели, задачи, идеи и сама деятельность является достойной и целесообразной. На основе этого создается состояние, которое определяет направленность действия, а поведение становится результатом определенной внутренней установки.

В настоящее время внутренняя мотивация имеет все большее значение. Она важна по причине долговременного влияния непосредственно на результат труда. Её влияние сильнее тогда, когда требование к содержанию работы выше и разнообразней. Внутренняя мотивация должна играть роль опоры в создании системы наиболее эффективного труда и может кратковременно воздействовать как направленно-побуждающее или вспомогательно-ориентирующее средство [5, 7].

Любая мотивация сопровождается специфически направленной эмоциональной реакцией, а эмоциональное ощущение каждой мотивации специфично. Мотивация представляет собой определенную совокупность методов. Психологи выделяют в потребностях и мотивах не только причины действий, но и предпосылки к ним, а также определяют мотивацию как предрасположенность к действиям. Переход склонности к действию зависит от целого ряда факторов, таких как

эмоции, намерения обучающихся, внешние влияния, которые запускают целенаправленное поведение либо препятствуют ему. Мотивация обучения – это целый комплекс факторов, который определяет мотивационную тенденцию обучающихся в зависимости от образовательных намерений и причин и может либо тормозить его учебную деятельность, либо активизировать её.

Мотивы – это осознанные причины и побуждения различной деятельности. Мотив учебной деятельности можно охарактеризовать как направленность обучающегося на приобретение знаний, умений, навыков, потребностей, определенных его интересами. Строгой классификации мотивов обучения не существует. В энциклопедии профессионального образования мотивы делятся на ведущие и подчиненные. А.К. Маркова относит к видам мотивов познавательные (направленные на содержание учебного предмета) и социальные (направленные на другого обучающегося в ходе обучения). Очевидно, что для осуществления учебной деятельности эти два вида мотивов неравноценны. Они могут находиться на разных уровнях [7, 8].

Для познавательных мотивов обучения существуют следующие уровни:

- широкие познавательные мотивы – это ориентация на овладение новыми знаниями, фактами, явлениями, закономерностями;
- учебно-познавательные мотивы направлены на усвоение способов получения знаний, приемов самостоятельного приобретения знаний;
- мотивы самообразования ориентированы на обретение дополнительных знаний.

Для социальных мотивов обучения выделяются следующие уровни:

- широкие социальные мотивы – мотивы долга и ответственности, понимание значимости учения;
- узкие социальные мотивы характеризуются стремлением занять определенную позицию в отношении окружающих;
- мотивы социального сотрудничества ориентированы на взаимоотношения и способы взаимодействия с другими людьми.

Другая классификация мотивов характеризует отношение к самой деятельности. Выделены как внешние, не связанные с деятельностью, так и внутренние мотивы, связанные с ней. Внутренние мотивы относятся к самому процессу и результату, а внешние проявляются, когда обучающийся действует в силу обязанностей перед родными, педагогами, руководителями и т.д.

Классификация мотивов спортивной деятельности строится на тенденции к достижению результатов и избеганию неудач. Мотивированные на достижение успеха в спорте обучающиеся ставят перед собой реальные позитивные цели, испытывая при этом положительные эмоции, мобилизуя все ресурсы. По-другому ведут себя обучающиеся, мотивированные на избежание неудач: они неуверены в себе, негативно воспринимают критику, в работе, где возможна неудача, ощущают только отрицательные эмоции. Данная мотивация неразрывно связана с низкой самооценкой, неверием в свои силы и успех.

Обучающиеся со стремлением к успеху победы и неудачи объясняют своими усилиями, старанием, что объясняется наличием внутреннего контролирующего фактора. Обучающиеся, стремящиеся избегать неудач, обосновывают отрицательный результат отсутствием способностей, отсутствием везения, а успех наоборот – везением и легкостью заданий. Отсюда вытекает главная задача педагога или тренера – развивать у обучающихся стремление к успеху, поощряя даже самое незначительное достижение, без акцента на неудачах [4, 11].

Крайне значимым является вопрос и о типах мотиваций, с которыми следует сопоставлять уровень развития мотивации у конкретного обучающегося. Ученый педагог Маркова А.К, специально исследовавшая эту проблему, выделяла пять типов, ступеней включенности обучающегося в учебную деятельность [7]:

– Отрицательное отношение к обучению характеризуется бледностью и узкостью мотивов, познавательные мотивы исчерпываются интересом к результату.

– Безразличное нейтральное отношение к обучению. Этот тип мотивации объяс-

няется наличием неустойчивых переживаний новизны и интереса; возникновением предпочтений одних учебных предметов другим.

– Положительное аморфное отношение к обучению. Для этого типа мотивации обучения характерно сочетание широких познавательных мотивов и широких социальных мотивов.

– Положительное, познавательное, осознанное отношение к обучению. Обучающиеся этого типа мотивации обучения переопределяют и доопределяют задачи, которые ставит педагог, и на этой основе ставят свои цели учебной деятельности. На данном этапе происходит формирование новых мотивов учебной деятельности.

– Положительное личностное, ответственное отношение к обучению. Для обучающихся с этим типом мотивации учебной деятельности характерно соподчинение мотивов, их иерархия. Эти мотивы сбалансированы, гармоничны, ставятся нестандартные, но перспективные цели учебной деятельности, учащиеся готовы реализовывать и преодолевать препятствия при их достижении.

Формирование мотивов спортивной деятельности в вузе заключается в том, чтобы способствовать превращению широких, объемных побуждений обучающихся в зрелую мотивационную сферу с устойчивой структурой и доминированием отдельных мотивов. Формированию мотивации спортивной деятельности в целом способствуют [4, 11]: атмосфера положительного отношения к обучению, профессиональным навыкам; включенность обучающихся в совместную тренировочно-учебную деятельность в коллективе; создание ситуаций успеха, использование методов стимулирования, поощрения; укрепление положительных эмоций в процессе обучения; построение изучения материала на основе опыта самих педагогов и обучающихся; развитие самоконтроля обучающихся в учебной деятельности, планирования, постановки целей и их реализации.

Начало занятий должно сориентировать обучающихся на готовность включиться в учебную спортивную деятельность,

а для этого необходимо актуализировать предыдущие достижения. Основная часть занятий должна быть направлена на поддержание и усиление мотивации. На завершающей стадии подготовки необходимо обеспечить выход с положительным опытом, с положительной установкой на обучение, а это достигается за счет развернутой оценки педагогом деятельности обучающегося. Необходимо показать успехи, достижения и указать на слабые места [4, 10].

Реализация мотивов спортивной деятельности во многом зависит от умения обучающихся ставить цели и достигать их, а этому надо обучать, последовательно раскрывая систему целей. Мотивы обычно характеризуют как учебную деятельность в целом, так и отдельные учебные действия, а умение ставить их характеризует показатель зрелости мотивационной сферы обучающегося. В будущем эта способность станет основой успешной профессиональной деятельности, т.к. постановка перспективных целей и реализация их придает обучающемуся определенную крепкую нравственную устойчивость.

Основная характеристика эмоционального компонента – эмоциональное отношение к обучению. Эмоции сами по себе имеют, несомненно, мотивирующие значения и зависят непосредственно от особенности деятельности и ее организации. Положительные эмоции могут быть связаны со спортивным центром в целом и пребыванием в нем; обусловлены дружественными взаимоотношениями с педагогами и обучающимися, отсутствием конфликтов, активным участием в жизни коллектива, с успешностью учебы, с радостью преодоления препятствий; удовлетворением от справедливой похвалы и т.д. – все это усиливает внутреннюю мотивацию, познавательное отношение к предмету, увлеченность им. Обучающийся живет при этом в атмосфере эмоционального комфорта, что просто необходимо для успешности обучения. Спортивному центру и педагогам следует заботиться о создании и восстановлении положительно-эмоционального климата, о преобладании положительных эмоций на каждом занятии.

Следует отметить педагогические средства развития учебной мотивации [1, 6]:

- подходы, связанные со стимулирующим влиянием содержания учебного материала: обновление уже усвоенных знаний и их углубление; профессиональная направленность содержания; занимательность изучаемого материала; история, показ достижений и пр.

- методы, для реализации которых в развитии учебной мотивации служат подходы: разъяснение целей деятельности; постановка информационных и проблемных вопросов; применение знаний на практике;

- подходы, связанные с применением наглядных, технических средств обучения;

- подходы, основанные на общении, взаимодействии педагога и обучающихся;

- подходы, учитывающие внутриколлективные отношения;

- формирование учебной мотивации замедляют: излишняя повторяемость одних и тех же приемов и принципов; однообразные занятия; отсутствие оценки; недоброжелательное отношение преподавателя к обучающимся;

Основными условиями, при которых возникает интерес к обучению в спортивной деятельности и развивается стойкая мотивация являются:

- прежде всего, такая организация обучения, при которой обучающиеся вовлекаются в процесс поиска и открытия новых знаний и умений, а также разрешает ситуации проблемного характера;

- учебный труд интересен тогда, когда он разнообразен, а однообразная информация, использование однообразных методов и подходов, а также однообразные способы действий быстро вызывают скуку, поэтому необходима смена видов деятельности и применение разнообразных подходов и методов мотивации;

- чем больше новый материал связан с усвоенным ранее, приобретенным ранее опытом, тем он интереснее для обучающихся, тем больше и выше их мотивация;

- слишком легкие или трудные задания не вызывают интереса, поэтому обучение должно быть относительно трудным, но посильным;

– чем чаще и лучше проверяется и оценивается работа, тем большее желание ученик испытывает к процессу обучения;

– яркость и новизна учебного материала, эмоциональная реакция и заинтересованность самих педагогов в достаточной степени воздействует на обучающегося;

– практика подтверждает, что результативность выполненной учебной работы ведет не только к удовлетворению обучающихся, но и мотивирует их к дальнейшей деятельности.

Библиографический список

1. Асеев, В.Г. Мотивация поведения и формирование личности / В.Г. Асеев. – М.: Мысль, 1976 – 106 с.
2. Бахтигулова, Л.Б. Психолого-педагогическая мастерская как инновационная форма обучения / Л.Б. Бахтигулова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2013. – № 5(97) – С. 169–172.
3. Волков, И.П. Спортивная психология в трудах отечественных специалистов / И.П. Волков. – СПб.: Питер, 2002. – С. 33.
4. Годик, М.А. Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 2006.– 136 с.
5. Дмитриенкова, Л.П. Сравнительная характеристика мотивов достижения в различных видах спорта: Психологические аспекты подготовки спортсменов / Л.П. Дмитриенкова. – Смоленск: Знание, 1980. – 298 с.
6. Ильин, Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2000. – С. 415–476.
7. Маркова, А.К. Формирование интереса к учению у учащихся / А.К. Маркова. – М.: Просвещение, 2000. – 175 с.
8. Петров, Ю.Н. Модель непрерывного профессионального образования. Монография / Ю.Н. Петров. – Н. Новгород: Ай-Кью, 1994.– 351 с.
9. Петров, Ю.Н. Дуальная система инженерно-педагогического образования – инновационная модель современного профессионального образования. Монография / Ю.Н. Петров. – Н. Новгород: ВГИПУ, 2009. – 280 с.
10. Сальников, В.А. Спортивная деятельность и способности / В.А. Сальников // Теория и практика физической культуры. – 2001. – № 10. – С. 24–26.
11. Холодов, Ж.К. Теория и методика физического воспитания и спорта: учебное пособие для студентов высших уч. заведений / Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов – М.: Академия, 2000. – 480 с.

MOTIVES FORMING SPORTING ACTIVITIES IN HIGHER EDUCATION

Klychkov K.E., gr. MSFU; **Petrov A.Y.**, Prof. MSFU, Dr. (Pedagogical); **Chernova N.Y.**, Assoc. Prof. Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Ph.D (Pedagogical)

klychkov@mgul.ac.ru, dr.ajpetrov@yandex.ru, nujch@mail.ru
 Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia
 Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, 603005, Ul'yanova, 53, Nizhniy Novgorod, Russia

The materials are presented on the motives of sports activities in higher education. A significant part of the formation of social motivations is the effects of various environmental factors. The properties and mechanisms of motivation are also discussed. Extrinsic motivation is considered as a means to achieve a goal, the inner motivation – to understand the meaning of the activities and conviction. Dominant motivation is the original special condition of the body which determines the focus and nature of regulatory action on numerous stimuli of the environment. The motives are seen as conscious causes and reasons for action and motivations of learning activity are defined as the student focus on the achievement of the objectives of one's own development. Yet a strict classification of motives for learning does not exist. We have identified the levels of cognitive reasons and motives for learning that allow to emphasize the functional significance of these motives, as well as to consider the internal and external motives for activity and for achieving success or avoiding failure. The issue of the types of motivation with which we relate the level of motivation for a particular student is of special significance, and we have identified five stages of involvement in the student learning activities. It is shown that the formation of educational motivation is to contribute to the transformation of the broad intentions of students in mature motivational sphere with a stable structure and the dominance of individual motives. Pedagogical means of developing motivation are the approaches and methods disclosed in this article as well as the basic conditions under which there is interest in learning and motivation to develop productive work, the profession and the understanding of its usefulness, importance, feasibility of studying the specific material. The practice proves that the results of their academic work lead not only to the satisfaction of the students, but also motivate them to further enhance the effectiveness of their work.

Keywords: social motivation, external and internal motivation, learning motivation, types of motivation, motivation levels, sporting activities.

References

1. Aseev V.G. *Motivatsiya povedeniya i formirovanie lichnosti* [Motivation of behavior and personality formation]. Moscow: Mysl, 1976, 106p.
2. Bakhtigulova L.B. *Psikhologo-pedagogicheskaya masterskaya, kak innovatsionnaya forma obucheniya* [Psycho-pedagogical workshop as an innovative form of education]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik № 5 (97), 2013, pp. 169-172.
3. Volkov I.P. *Sportivnaya psikhologiya v trudakh otechestvennykh spetsialistov* [Sport psychology in the works of Russian specialists]. St. Petersburg, 2002, 33p.
4. Godik M.A. *Kontrol' trenirovochnykh i sorevnovatel'nykh nagruzok* [Control training and competitive pressures]. Moscow: Physical Culture and Sports, 2006, 136 p.

5. Dmitrienkova L.P. *Sravnitel'naya kharakteristika motivov dostizheniya v razlichnykh vidakh sporta: Psikhologicheskie aspekty podgotovki sportsmenov* [Comparative characteristic motifs achievements in various sports: Psychological aspects of training athletes]. Smolensk: Knowledge, 1980, 298p.
6. Il'in E.P. *Motivatsiya i motivy* [Motivation and motives]. St. Petersburg, 2000, pp. 415-476.
7. Markova A.K. *Formirovanie interesa k ucheniyu u uchashchikhsya* [Formation of interest to teaching students]. Moscow: Education, 2000, 175p.
8. Petrov Yu.N. *Model' nepreryvnogo professional'nogo obrazovaniya* [Model of continuing professional education]. N. Novgorod: Publ. IQ, 1994, 351p.
9. Petrov Yu.N. *Dual'naya sistema inzhenerno-pedagogicheskogo obrazovaniya – innovatsionnaya model' sovremennogo professional'nogo obrazovaniya* [Dual system engineering and teacher education – an innovative model of a modern vocational education]. N. Novgorod: Publ. VGIPU, 2009, 280p.
10. Sal'nikov V.A. *Sportivnaya deyatel'nost' i sposobnosti* [Sports and abilities] *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture]. Moscow: 2001, № 10, pp. 24-26.
11. Kholodov Zh.K. *Teoriya i metodika fizicheskogo vospitaniya i sporta: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uch. zavedeniy* [Theory and methods of physical education and sport: a textbook for students of higher uch. institutions]. Moscow: Publ. center Academy, 2000, 480p.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОТИВАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО АТЛЕТИЧЕСКОЙ ГИМНАСТИКЕ

К.Е. КЛЫЧКОВ, *каф. педагогики и психологии МГУЛ,*

Ю.Н. ПЕТРОВ, *проф. каф. педагогики и психологии МГУЛ, д-р пед. наук,*

Н.Ю. ЧЕРНОВА, *доц. Нижегородского ГПУ им. К. Минина, канд. пед. наук*

klychkov@mgul.ac.ru, petrov.43@mail.ru, nujch@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»,
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1,

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»

Гимнастика оздоровительно-развивающей направленности служит развитию и укреплению здоровья в целом. В материале данной статьи отражено предназначение ее для самых разных категорий здоровых или практически здоровых людей. Оздоровительно-развивающая гимнастика рассматривается как развивающее и восстанавливающее средство физического воспитания, а также как средство активного отдыха, эффективно стимулирующее стремление к самовыражению через красоту тела. В статье проведен исторический экскурс по условиям развития атлетической гимнастики с IV века до нашей эры и зарождения ее в России как системы упражнений с отягощениями ради укрепления здоровья, исправления недостатков телосложения и осанки до последующего перерастания атлетической гимнастики в массово-оздоровительное и спортивное направления. Рассмотрение наиболее популярных четырех видов атлетизма позволило нам раскрыть сущность шести групп гимнастических упражнений, отличающихся характером и условиями выполнения, позволяющих раскрыть также существование различных классификаций тренажеров. Так как атлетическая гимнастика базируется на методике силовой тренировки, нам важно выделить несколько общих закономерностей силовой тренировки с раскрытием ее основных положений. Мы рассматриваем атлетическую гимнастику как имеющую различный характер (комплексного типа, тренажерного типа, узкой направленности). Для решения первостепенной задачи достижения необходимого результата требуется полная самоорганизация с решающей ролью мотивации. Мы рассматриваем значение мотивации, состоящей из двух частей – деятельности и направленности, а также существующие разновидности мотивации. Мотивация является основой всех спортивных усилений и достижений, поэтому мы рассматриваем возможные аспекты мотивации обучающихся к спортивной деятельности, так как блок мотивации образуют: потребности, мотивы и цели спортивной деятельности.

Ключевые слова: спортивная деятельность, атлетическая гимнастика, виды атлетизма, группы гимнастических упражнений, функциональность тренажеров, потребность, мотив, цель.

Атлетическая гимнастика представляет собой традиционный вид гимнастики оздоровительно-развивающей направленности, который сочетает в себе силовую тренировку с разносторонней физической подготовкой, гармоничным развитием тела и укреплением здоровья в целом. Предназначена она для людей практически здоровых, поскольку испол-

зуемые упражнения связаны с достаточно значительными мышечными напряжениями и нагрузкой, поэтому атлетическую гимнастику предполагается рассматривать, в первую очередь, как средство физического воспитания, а во вторую — как средство восстанавливающее, удовлетворяющее стремление людей стать сильнее, иметь красивую и рельефную

мускулатуру, расширить двигательный опыт, воспитать привычку к систематическим занятиям физическими упражнениями, являться средством активного отдыха.

Свое начало атлетическая гимнастика берет еще в древнем мире, и как систему упражнений с отягощениями еще в IV в. до нашей эры ее относили к естественным движениям. В соревнованиях данного периода принимали участие атлеты, которые могли поднять достаточно массивный груз, лежащий на главной площади Афин. Ещё древние римляне разработали специальные упражнения с различными предметами для развития мускулатуры и силы в сочетании их с гимнастическими и акробатическими элементами [3, 8, 9].

Появление атлетической гимнастики в России как системы упражнений для укрепления здоровья, исправления осанки и недостатков телосложения связано с именем врача Краевого В.М. В 1885 г. в Петербурге В.М. Краевым был организован кружок любителей атлетики, работа которого строилась на принципах сочетания естественных движений со специально подобранными упражнениями для всего тела и использованием закаливающих процедур.

В годы после революции атлетическая гимнастика оставалась важным средством физической культуры, поэтому один из самых знаменитых деятелей спортивной науки профессор И.М. Черкизов-Сераини отмечал: «Атлетическая гимнастика – это одно из наиболее эффективных средств, всесторонне воздействующих на человеческий организм. Разнообразные упражнения и возможность тонкого дозирования нагрузок делает это важное средство оздоровления доступным людям любого возраста. Эстетическая сторона атлетической гимнастики приближает ее непосредственно к искусству». Знаменитый исследователь русского языка В.И. Даль в «Толковом словаре живого великорусского языка» записал: «Атлет – здоровяк, силач, богатырь...», что предопределило направленность занятий атлетической гимнастикой: в первую очередь должным образом необходимо решать задачи по обеспечению

и укреплению здоровья, а уже потом – силе и телосложению.

В нашей стране ввиду множества методических перегибов отмечалось одностороннее отношение к силовой сфере занимающихся, определенное нездоровое восприятие гипертрофированных мышц, а также пропагандирование и политизирование силовых упражнений как чуждых проводников идеологий. Лишь в 1968 г. на Всесоюзной научной конференции атлетическая гимнастика была официально признана одним из общеразвивающих и самостоятельных видов, имеющих благородные цели и решающих целый круг жизненно важных задач, а высокая значимость атлетической гимнастики проверена временем, хотя постоянно в ней происходит проникновение друг в друга оздоровительных и спортивных мотивов.

Сегодня в России в атлетической гимнастике можно условно выделить два направления: спортивное и массово-оздоровительное, каждое из которых имеет характерные особенности и черты [2, 3, 9]. Специфика целей различных силовых тренировок подразумевает и наличие разнообразных форм занятий, систем и школ силового совершенствования. В связи с этим определяют границы отдельных форм занятий силовыми упражнениями, дают им соответствующее определение и место в системе физического воспитания. В настоящее время наибольшую популярность имеют бодибилдинг, культуризм, пауэрлифтинг и армрестлинг.

Бодибилдинг представляет собой систему силовых упражнений, направленных на увеличение мышечных объемов и силы, формирование рельефной мускулатуры, построение гармонично развитой фигуры.

Культуризм является тождественным бодибилдингу, т.к. в нем используются те же принципы и правила. Возможно культуризм был первым этапом в развитии бодибилдинга.

Пауэрлифтинг – вид физических упражнений, развивающих максимальные силовые возможности, проявляемые в трех видах движений – приседаниях со штангой, жиму

штанги лежа и становой тяге, т.е. «силовом троеборье».

Армрестлинг – силовое единоборство на руках, которое проводится методом «кто кого перетянет» в конкретной статической позе, хватом свободной рукой за специальную рукоятку.

Для перечисленных четырех видов своего рода атлетизма крайне важное значение имеет специфическая спортивная техника движений, которой атлеты посвящают особое внимание. Несмотря на своеобразие показанных выше форм силовой тренировки, их объединяет наличие узкоспециализированных задач, локальная направленность силовых упражнений, ограниченность общего физического и функционального воздействия, а также потенциальная травмоопасность.

При всей популярности и значимости занятий всеми видами силовых упражнений, необходимо заметить, что атлетическая гимнастика – это один из оздоровительных видов гимнастики, представляющий собой систему гимнастических упражнений силового характера, направленных на гармоничное физическое развитие человека и решение конкретных частных задач силовой подготовки. Воздействие силовых гимнастических упражнений на занимающегося может быть как общего характера в целом на организм, так и локального на группу мышц, а поэтому и эффект занятий может быть поддерживающим, тонизирующим или развивающим. Но при этом сохраняются основные принципы и методы организации занятий как при составлении отдельного комплекса, при планировании конкретной тренировки, так и при организации системы занятий атлетической гимнастикой [3, 4].

В атлетической гимнастике, в основе которой лежит метод силовой тренировки, кроме того, используется арсенал средств основной гимнастики, а также элементы спортивной тренировки. При сохранении главных принципов и методов занятий традиционной гимнастикой в атлетической гимнастике воздействие силового характера может быть локальным или глобальным, где оно захватывает практически все группы

мышц, тонизирующим или развивающим; при этом могут избирательно развиваться три силовых качества: медленная сила, взрывная или быстрая и статическая, а также производные от них виды силовой выносливости. Важнейшей отличительной чертой атлетической гимнастики является то, что за счет специальных упражнений у занимающегося формируются умения и навыки силовых перемещений собственного тела в различных режимах силовой работы. Такие умения и навыки очень важны в жизнеобеспечении человека [10, 11]. (22.8%)

Существуют различные классификации тренажеров: по назначению; по структуре; по принципу действий; по форме обучения; по логике работы. Тренажеры могут эффективно использоваться в оздоровительных целях, обеспечивая ряд преимуществ перед традиционными средствами: строгую дозировку нагрузки, направленность тренировки определённых групп мышц, а также широко применяться в период восстановительного лечения в лечебной практике.

Как правило, в атлетической гимнастике применяют так называемые тренажеры «блочного типа», позволяющие регулировать нагрузку и включать в работу поочередно различные группы мышц, принимая различные положения. Любой тренажер должен удовлетворять следующим требованиям: при минимальных габаритах конструкции должна быть возможность использования возможно большего числа рабочих поз. Упражнения на тренажерах следует начинать с мелких групп мышц, постепенно переходя к крупным мышечным образованиям, темп выполнения – средний, резкие движения исключаются.

Для обеспечения должного эффекта силовой тренировки в атлетической гимнастике используется вспомогательная группа упражнений. Она включает все средства основной гимнастики, направленные на растягивание и расслабление, а также на развитие «сопутствующих» физических качеств, а при необходимости – переключение на более легкую работу, активный отдых. Так как атлетическая гимнастика базируется на методике силовой тренировки, а развитие

силы – это, прежде всего, функциональное совершенствование ведущих систем организма при соответствующем сочетании и взаимодействии физических и двигательных качеств, то важно выделить несколько общих закономерностей силовой тренировки и следует знать ее основные положения. В атлетической гимнастике принято выделять несколько форм проявления силы: максимальную произвольную силу, взрывную силу и силовую выносливость. Наиболее значимыми в атлетической гимнастике признаны мышечная масса и способность к длительному усилию, на развитие которых и направлены упражнения.

Методика атлетической гимнастики и выбор режимов силовой тренировки определяются следующими закономерностями [9, 11]:

- одиночные или повторные воздействия на организм занимающегося определяют характер следовых процессов;

- возможная адаптация к повторяющемуся воздействию рассматривается как нежелательное явление;

- пороговые величины по напряженности и продолжительности воздействий требуют выбора максимальных и минимальных границ нагрузки;

- эффект выполнения того или иного упражнения зависит от соответствующего подкрепления – повторного воздействия;

- индивидуальные и мотивационные особенности занимающихся требуют выбора границ напряженности воздействия;

- в силовой тренировке предпочтение обычно отдается «преодолевающему режиму» при условии, что последнее повторение в каждом подходе должно быть с предельным напряжением;

- важно тестирование исходного уровня подготовленности занимающихся по комплексу показателей;

- как фактор обеспечения силовой тренировки надо рассматривать рациональное питание с учетом трех основных функций организма.

Широкий выбор средств атлетической гимнастики и методические возмож-

ности занятий силовыми гимнастическими упражнениями позволяют в рамках атлетической гимнастики помимо общих задач гармоничного физического развития и силового совершенствования решать множество частных задач: коррекция фигуры, развитие общей и локальной работоспособности, развитие силы отдельных мышечных групп, развитие максимальной силы или другого ее проявления, развитие силы с прикладной направленностью и другие, а типичными формами организации занимающихся атлетической гимнастикой являются: групповые занятия, индивидуальные уроки, круговая тренировка, игры, конкурсы и другие формы соперничества.

Занятие атлетической гимнастики при сохранении общепринятой структуры может иметь различный характер: «комплексного типа»; «тренажерного типа»; «узкой направленности».

Для успешных занятий атлетической гимнастикой, прежде всего, необходимо определить для себя цель, что является первостепенной задачей для достижения необходимого результата, это требует полной самоорганизации, и решающую роль в этом определяет мотивация. Мотивация – одна из движущих сил человеческого поведения наряду с миссией, разумным пониманием, волей, эмоциями, страхами и автоматизмами, это побуждение к деятельности совокупностью различных мотивов, создание конкретного состояния личности, которое определяет, насколько активно и с какой направленностью человек действует в определенной ситуации, а также один из способов влияния на себя или других. Мотив (или побуждение) – это понятие, которое используется для объяснения индивидуальных различий в деятельности, осуществляемой в идентичных, тождественных условиях. Мотив – это повод, причина, необходимость действовать, побуждение к чему-либо [1, 5, 10]. Мотивация родственна понятию «отношение», которое также активизирует и направляет поведение человека. Мотивация состоит из двух частей – деятельности и направленности. Разница между мотивацией и отношением заключа-

ется в том, что мотивация связана с определенной ситуацией, а отношение имеет более устойчивый характер и оказывает длительное воздействие. Разновидностей мотивации много. Мотивация других людей отличается от мотивации самого себя, от самомотивации, она создается следующими основными путями: через побуждение, через заставление и с помощью организации ситуации. Мотивация бывает позитивная и негативная, мотивация «к» и мотивация «от», внешняя и внутренняя, извне и изнутри, реактивная и проактивная, в мягком и жестком стиле. Мотивации сопутствует определенное психофизическое напряжение, т. е. состояние возбуждения, прилив или упадок сил [5, 8].

В управлении мотивацией необходимо учитывать личностные особенности. Люди часто жалуются на то, что не могут себя поднять, не могут себя заставить делать даже то, что нужно, жалуются на нехватку жизненной энергии и спрашивают: «Где мне найти мотивацию?». Недостатком мотивации обычно мучаются те, кто живет чувствами (ощущениями) и не часто включает голову (ум). Важно, что обычно они не следят за телом, их тело становится вялым, сутулым, несобранным. На фоне таких тоскливых глаз и сутулых плеч любые интеллектуальные построения, сознательные речевые внушения либо чтение умных книг идет впустую: сознательные установки ломаются перед силой бессознательных (телесных) установок. Что делать? Сказать себе: «Займись своим телом» и «Включи свою голову». После чего поправить тело, расправить плечи, сделать собранными глаза – и заняться делом под присмотром головы. Все получится! Решением может быть когда-то переход в режим миссии, когда-то – наработка нужных привычек. Когда-то нужно убрать внутренние блоки, месть и жалость, а когда-то нужно просто отдохнуть. Процессы мотивации могут иметь различную направленность – достичь или избежать поставленной цели, осуществить деятельность или воздержаться от нее, что сопровождается переживаниями, положительными или отрицательными эмоциями.

Мотивация является основой всех спортивных достижений и усилий. Без желания улучшить свои спортивные результаты все другие психологические факторы не имеют смысла. Для того чтобы стать лучшим спортсменом, необходимо иметь мотивацию, чтобы сделать все необходимое для достижения результата. Мотивация – это способность инициировать и продолжить выполнение задачи. Для достижения результатов нужно хотеть начать тренировки и быть готовым продолжать работать до достижения цели. Мотивация влияет на все, что определяет ваши спортивные результаты: физическую, техническую и тактическую, психологическую подготовку и общий образ жизни, включая сон, питание, учебу и работу, личные отношения [8, 11].

Из анализа литературных источников, посвященных комплексу мотивов в спорте, следует, что особое место в психологическом обеспечении спортивной деятельности занимает мотивация, побуждающая обучающегося заниматься спортом [1, 2, 4–6, 8]. Блок мотивации образуют: потребности, мотивы и цели спортивной деятельности.

Однако следует отметить, что недостаточная разработанность проблемы мотивации наложила отпечаток и на методологические подходы исследования мотивов, а также процессов их формирования, поэтому существуют различные физиологические и психолого-педагогические подходы к становлению мотивации у спортсменов.

Библиографический список

1. Бахтигулова, Л.Б. Психолого-педагогическая мастерская как инновационная форма обучения / Л.Б. Бахтигулова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2013. – № 5(97) – С. 169–172.
2. Вяткин, Б.А. Роль темперамента в спортивной деятельности / Б.А. Вяткин. – М.: Ф и С, 1978. – 134 с.
3. Журавин, М.Л. Гимнастика. Учебник для студентов вузов / М.Л. Журавин, Н.К. Меньшикова. – М., 2001. – 158 с.
4. Лукьянова, М.А. Учебная мотивация как показатель качества образования / М.А. Лукьянова // Народное образование. – М., 2001. – № 8. – С. 41–46.
5. Маркова, А.К. Формирование мотивации учения. /А.К. Маркова, Т.А. Матис, А.Б. Орлов. – М.: Педагогика, 1983. – 252 с.
6. Петров, Ю.Н. Модель непрерывного профессионального образования. Монография / Ю.Н. Петров. – Н. Новгород: Ай-Кью, 1994.– 351 с.

7. Петров, Ю.Н. Дуальная система инженерно-педагогического образования – инновационная модель современного профессионального образования. Монография / Ю.Н. Петров. – Н. Новгород: ВГИПУ, 2009. – 280 с.
8. Пилюян, Р.А. Мотивация спортивной деятельности / Р.А. Пилюян. – М.: Наука, 1984. – 198 с.
9. Филиппович В.И. Теория и методика гимнастики / В.И. Филиппович. – М.: Просвещение, 2001. – 226 с.
10. Хекхаузен Х. Психология мотивации достижения / Х. Хекхаузен. – СПб.: Речь, 2001. – 240 с.
11. Чаркова М.Н. Влияние мотивации на когнитивное развитие личности / М.Н. Чаркова. – М.: Профессиональное образование, 2002. – № 12. – С. 71–79.

**SOME ASPECTS OF THE MOTIVATION OF STUDENTS
TO SPORTS ACTIVITIES ATHLETIC GYMNASTICS**

Klychkov K.E., gr. MSFU; **Petrov Y.N.**, Prof. MSFU, Dr. (Pedagogical); **Chernova N.Y.**, Assoc. Prof. Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Ph.D (Pedagogical)

klychkov@mgul.ac.ru, petrov.43@mail.ru, nujch@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institut'skaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia
Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, 603005, Ul'yanova, 53, Nizhniy Novgorod, Russia

The recreational and developmental focus of gymnastics is the development and strengthening of health as a whole. The material in this article reflects its purpose for various categories of people, but healthy, so recreational and developmental gymnastics is seen as a means of developing physical education to recover, as well as a means of leisure, effectively stimulating the desire for self-expression through the beauty of the body. The article gives a historical review on the conditions of athletic gymnastics from the IV century BC and its appearance in Russia as a system of exercises with weights for health promotion, correct deficiencies and body posture and then its escalation into a mass of athletic gymnastics and sports and directions. Consideration of the four most popular types of athleticism allowed us to reveal the essence of the six groups of gymnastic exercises, differing nature and conditions of execution can reveal the existence of different classifications of simulators. Since athletic gymnastics is based on the method of strength training, it is important to highlight some general regularities of strength training with the disclosure of its main provisions. We consider athletic gymnastics as having various types (a complex type, such as gym, narrow focus). Solving the primary task to achieve the desired result, you need a full self-organization of the decisive role that is defined in this case as motivation. We consider the importance of motivation, consisting of two parts – the activities and direction, as well as the existing varieties of motivation. Motivation is the basis of all the gains and achievements of sports, so we consider the possible aspects of motivating students to the sports activities as well as a block form of motivation: needs, motives and goals of sports activity.

Keywords: sports activities, athletic gymnastics, athletics species, groups of gymnastic exercises, functionality simulators, need, motive, purpose.

References

1. Bakhtigulova L.B. *Psikhologo-pedagogicheskaya masterskaya, kak innovatsionnaya forma obucheniya* [Psycho-pedagogical workshop as an innovative form of education]. Moscow: Publ. MGUL Scientific Information. Journal № 5 (97), 2013, pp. 169-172.
2. Vyatkin B.A. *Rol' temperamenta v sportivnoy deyatel'nosti* [The role of temperament in sporting activities]. Moscow: Physical Culture and Sports, 1978, 134 p.
3. Zhuravin M.L., Men'shikova N.K. *Gimnastika* [Gymnastics]. Moscow, 2001, 158 p.
4. Luk'yanova M.A. *Uchebnaya motivatsiya kak pokazatel' kachestva obrazovaniya* [Learning motivation as an indicator of the quality of education]. Moscow: National education, 2001, № 8, pp. 41-46.
5. Markova A.K. *Formirovanie motivatsii ucheniya* [Formation of learning motivation]. Moscow: Pedagogy, 1983, 252 p.
6. Petrov Yu.N. *Model' nepreryvnogo professional'nogo obrazovaniya* [Model of continuing professional education]. N. Novgorod: Publ. IQ, 1994, 351 p.
7. Petrov Yu.N. *Dual'naya sistema inzhenerno-pedagogicheskogo obrazovaniya – innovatsionnaya model' sovremennogo professional'nogo obrazovaniya* [Dual system engineering and teacher education – an innovative model of a modern vocational education]. N. Novgorod: Publ. VGIPU, 2009, 280 p.
8. Piloyan R.A. *Motivatsiya sportivnoy deyatel'nosti* [Motivation sports activities]. Moscow: Science, 1984, 198 p.
9. Fillipovich V.I. *Teoriya i metodika gimnastiki* [Theory and methodology of gymnastics]. Moscow: Education, 2001, 226 p.
10. Khekkhauzen Kh. *Psikhologiya motivatsii dostizheniya* [Psychology of achievement motivation]. St. Petersburg: Speech, 2001, 240 p.
11. Charkova M.N. *Vliyaniye motivatsii na kognitivnoye razvitiye lichnosti* [Motivations influence the cognitive development of individuals]. Moscow: Professional education, 2002, № 12, pp. 71-79.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Обливин Александр Николаевич, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН и МАНВШ, заслуженный деятель науки и техники РФ, Президент МГУЛ, профессор кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств Московского государственного университета леса
e-mail: prezident@mgul.ac.ru

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Никишов Владимир Дмитриевич, кандидат технических наук, академик РАЕН, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса
e-mail: nikishov.08@mgul.ac.ru

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Азаров Василий Ильич, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАЕН.

e-mail: azarov@mgul.ac.ru

Артамонов Дмитрий Владимирович, профессор, доктор технических наук, кафедра «Автономные информационные и управляющие системы» Пензенского государственного университета, вице - президент Пензенского научного центра Академии информатизации отделения Международной академии информатизации, член - корреспондент Академии информатизации образования, директор Межотраслевого регионального центра повышения квалификации Пензенского государственного университета.

e-mail: aius@pnzgu.ru

Беляев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, начальник отдела, заместитель руководителя НТЦ РКК «Энергия» им. С.П. Королева.

e-mail: mikhail.belyaev@rsce.ru

Бемманн Альбрехт, профессор, доктор технических наук, Дрезденский технический университет, директор Института профессуры для стран Восточной Европы, Германия.

e-mail: albrecht.bemmann(at)forst.tu-dresden.de

Драпалюк Михаил Валентинович, профессор, доктор технических наук, проректор по науке и инновациям ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия».

e-mail: md@vglta.vrn.ru

Евдокимов Юрий Михайлович, профессор, кандидат химических наук; академик Нью-Йоркской Академии Наук, чл.-корр. РАЕН, член центрального правления Нанотехнологического общества России (ЦП НОР).

e-mail: evdok@mgul.ac.ru

Залесов Сергей Вениаминович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета

e-mail: zalesov@usfeu.ru

Запруднов Вячеслав Ильич, профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой геодезии и строительного дела Московского государственного университета леса

e-mail: zaprudnov@mgul.ac.ru

Исаев Александр Сергеевич, академик Российской академии наук, председатель Научного совета по лесу РАН, член Совета «Совет РАН по космосу», президент-сопредседатель Международного института леса, иностранный член Болгарской академии наук

e-mail: isaev@cepl.rssi.ru

Карелайнен Тимо, профессор университета Восточной Финляндии г. ЙОЭНСУУ, лесной НИИ «Метла», Финляндия; Karjalainen, Timo D.Sc. (Agr. & For.), Professor

e-mail: timo.karjalainen@metla.fi

Кожухов Николай Иванович, профессор, академик РАН, доктор экономических наук, заведующий кафедрой мировой экономики Московского государственного университета леса

e-mail: kozhukov@mgul.ac.ru

Козлов Александр Ильич, кандидат технических наук, ученый секретарь Совета ОАО «НПО ИТ».

e-mail: ako1405@yandex.ru

Комаров Евгений Геннадиевич, профессор, доктор технических наук, проректор по экономической и финансовой деятельности, заведующий кафедрой информационно-измерительных систем Московского государственного университета леса

e-mail: komarov@mgul.ac.ru

Корольков Анатолий Владимирович, профессор, доктор физ.-мат. наук, декан факультета электроники и системотехники, профессор кафедры прикладной математики и математического моделирования Московского государственного университета леса

e-mail: korolkov@mgul.ac.ru

Кох Нильс Элс, профессор, доктор агрономии в области лесной политики, Президент IUFRO, генеральный директор Центра лесного и ландшафтного планирования университета г. Копенгаген, Дания

e-mail: nek@life.ku.dk

Кротт Макс, профессор, специализация Лесная политика, Георг-Аугуст-Университет, Геттинген

e-mail: mkrott@gwdg.de

Леонтьев Александр Иванович, академик РАН, профессор, доктор техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва
e-mail: leontiev@power.bmstu.ru

Липаткин Владимир Александрович, профессор, кандидат биологических наук, декан факультета лесного хозяйства, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Московского государственного университета леса
e-mail: lipatkin@mgul.ac.ru

Майорова Елена Ивановна, профессор, доктор юридических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, декан гуманитарного факультета, заведующий кафедрой права Московского государственного университета леса
e-mail: mayorova@mgul.ac.ru

Мартынюк Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, директор ФБУ ВНИИЛМ, советник Российской академии естественных наук, заслуженный лесовод РФ
e-mail: info@vniilm.ru

Моисеев Николай Александрович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный лесовод РФ, иностранный член (академик) Шведской королевской академии сельского и лесного хозяйства, Финской академии наук и письменности, Итальянской лесной академии, почетный доктор Дрезденского технического университета, Санкт-Петербургской ГЛТА, член Совета по развитию лесного комплекса при Правительстве РФ, член научно-экспертного совета при председателе Совета Федерации, член научно-технического Совета Рослесхоза, заведующий кафедрой экономики и управления Московского государственного университета леса
e-mail: moiseev@mgul.ac.ru

Редькин Анатолий Константинович, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса
e-mail: redkin@mgul.ac.ru

Рыкунин Станислав Николаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии деревообрабатывающих производств Московского государственного университета леса
e-mail: rikunin@mgul.ac.ru

Рубцов Михаил Владимирович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАСХН, заслуженный лесовод Российской Федерации, председатель секции «Лесоводство» Научного совета по проблемам леса РАН, член президиума Российского общества лесоводов, руководитель лаборатории лесоводства и биологической продуктивности Института лесоведения РАН
e-mail: root@ilan.ras.ru

Семенов Юрий Павлович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры электротехники, теплотехники и энергоснабжения предприятий лесного комплекса Московского государственного университета леса
e-mail: semenov@mgul.ac.ru

Стрекалов Александр Федорович, первый вице-президент РКК «Энергия», генеральный директор ЗАО «ЗЭМ» РКК «Энергия», действительный член Российской Академии космонавтики им. Циолковского, кандидат технических наук
e-mail: mail@rscc.ru, post@rscc.ru, boris.harlov@rscc.ru

Теодоронский Владимир Сергеевич, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАЕН, член Союза архитекторов России, член правления Московского объединения ландшафтных архитекторов (МОЛА), профессор кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Московского государственного университета леса
e-mail: teodoronskiy@mgul.ac.ru

Титов Анатолий Матвеевич, кандидат технических наук, заместитель начальника отделения, ученый секретарь Совета ЦУП ЦНИИМАШ.
e-mail: amt@mccrsa.ru

Тулузаков Дмитрий Владимирович, доцент, кандидат технических наук, проректор по учебной работе, заведующий кафедрой технической механики Московского государственного университета леса
e-mail: tuluzakov@mgul.ac.ru

Уголев Борис Наумович, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, академик ИАВС, почетный член РАЕН, профессор кафедры древесиноведения Московского государственного университета леса
e-mail: ugolev@mgul.ac.ru

Федоренчик Александр Семенович, кандидат технических наук, член-корреспондент Международной академии технического образования, академик Белорусской инженерной академии, член учебно-методического совета России по специальности «Лесоинженерное дело», член научно-технического совета Министерства лесного хозяйства, член двух учебно-методических объединений высших учебных заведений Республики Беларусь: по химико-технологическому образованию и образованию в области лесного хозяйства и природопользования, член президиума Научно-методического совета при Министерстве образования, Республиканского товарищества дружбы «Беларусь - Финляндия»; председатель учебно-методического совета БГТУ; профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета
e-mail: root@bstu.unibel.by

Цветков Вячеслав Ефимович, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН, заведующий кафедрой технологии древесных плит и пластиков Московского государственного университета леса
e-mail: tsvetkov@mgul.ac.ru

Чубинский Анатолий Николаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии лесопиления и сушки древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова
e-mail: tfsd@inbox.ru

Шимкович Дмитрий Григорьевич, профессор, доктор технических наук, заведующий отделом ООО «Кудесник»
e-mail: shimkovich@mgul.ac.ru