

ВЕСТНИК 2(16) 2012

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Лес. Экология. Природопользование»

Журнал включен в **ПЕРЕЧЕНЬ** ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-51790 от 23 ноября 2012 г.

Основан в 2007 г. как «Вестник Марийского государственного технического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование».

С 2012 г. – «Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование»

Адрес редакции:

424006, Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Тел. (8362) 68-78-46, 68-28-41

Факс (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*

Компьютерная верстка

А. А. Кислицын

Перевод на английский язык

М. А. Шалагина

Подписано в печать 25.12.12.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 12,25.

Тираж 500 экз. Заказ № 73

Дата выхода в свет: 30.01.13.

Цена свободная

Поволжский государственный
технологический университет
424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «ОТК Пресс»
424007, Йошкар-Ола,
ул. Строителей, 95

Главный редактор **Е. М. Романов**

Главная редакционная коллегия:

Е. М. Романов, д-р с.-х. наук, профессор
(главный редактор)

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор
(первый зам. гл. редактора)

А. Д. Арзамасцев, д-р экон. наук, профессор
(зам. гл. редактора)

С. А. Денисов, д-р с.-х. наук, профессор
(зам. гл. редактора)

Н. В. Рябова, д-р физ.-мат. наук, профессор
(зам. гл. редактора)

А. Н. Леухин, д-р физ.-мат. наук, профессор
(отв. секретарь)

Редакционная коллегия серии:

С. А. Денисов, д-р с.-х. наук, профессор
(зам. гл. редактора – редактор серии)

В. П. Бессчетнов, д-р биол. наук, профессор
(Нижний Новгород)

О. Н. Бурмистрова, д-р техн. наук, профессор (Ухта)

Р. И. Винокурова, д-р биол. наук, профессор

П. Ф. Войтко, д-р техн. наук, профессор

Ю. Н. Гагарин, канд. с.-х. наук (Москва)

А. Х. Газизуллин, д-р с.-х. наук, профессор (Казань)

Ю. П. Демаков, д-р биол. наук, профессор

А. С. Исаев, академик РАН (Москва)

А. И. Писаренко, д-р с.-х. наук, профессор,
академик РАСХН (Москва)

А. Г. Поздеев, д-р техн. наук, профессор

Е. М. Романов, д-р с.-х. наук, профессор

М. Г. Салихов, д-р техн. наук, профессор

Ю. А. Ширнин, д-р техн. наук, профессор

В. Л. Черных, д-р с.-х. наук, профессор

© Вестник ПГТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Н. Ф. Каплина, Н. Г. Жиренко. Динамика фитомассы листьев, состояния и развития крон деревьев нагорной дубравы юго-восточной лесостепи в неблагоприятных условиях последнего десятилетия

А. С. Манаенков, М. В. Костин, В. А. Шкуринский. Современное состояние и возможность выращивания дубрав промышленного значения на комплексных почвах сухой степи и полупустыни

В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов. Рукотворный степной лес «Новопокровский»: состав, состояние

А. А. Вайс. Упрощенный метод определения диаметров нижней части деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Средней Сибири

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

С. А. Угрюмов, А. А. Федотов. Оценка влияния технологических факторов на свойства древесно-стружечных плит на основе фурановой смолы

И. А. Полянин, Е. Л. Пугачёва. Сортировка технологической щепы по смолистости

А. Н. Чемоданов, П. Е. Царев. Резервные запасы лесоматериалов и способы их хранения на лесопромышленных складах и складах сырья потребителей

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Е. С. Суханова, Д. В. Кочкин, М. В. Титова, А. М. Носов. Ростковые и биосинтетические характеристики разных штаммов культур клеток растений рода *Polyscias*

О. Г. Введенский. Обеспечение анадромных миграций рыб через высоконапорные гидроузлы

О. Г. Большова, И. Л. Бухарина. Состояние и пути оптимизации озеленения малых городов Липецкой области

Т. Х. Гордеева, Н. Н. Гаврицкова. Изменение численности и структуры комплекса целлюлозоразрушающих микроорганизмов под воздействием СВЧ-излучения

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

Э. А. Курбанов. Европейский опыт создания системы компетенций и квалификаций в лесном деле

Указатель материалов, опубликованных в журнале в 2012 году

Информация для авторов

CONTENTS FORESTRY

N. F. Kaplina, N. G. Zhirenko. Dynamics of leaves phytomass, state and growth of limbs of trees of the mountain oak forest in the south-eastern forest steppe in unfavourable conditions of the last decade

A. S. Manaenkov, M. V. Kostin, V. A. Shkurinsky. Present-day condition of industrial oak wood and possibility of raising it in complex soils of dry steppe and semi-desert zone

V. V. Zasoba, R. Yu. Danilov. Novopokrov artificial steppe forest (structure and state)

A. A. Vais. A simple method for determination of diameters of lower part of the scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) trees in the Middle Siberia

FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

S. A. Ugumov, A. A. Fedotov. Assessment of technological factors impact on characteristics of furan resin chipboards

I. A. Polyanin, E. L. Pugacheva. Chip assorting by gummosity obtained from stumpwood and non-standard timber

A. N. Chemodanov, P. E. Tsarev. Timber reserves and modes of its storage at the forest industry stores and the raw material stores

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE EXPLOITATION

E. S. Sukhanova, D. V. Kochkin, M. V. Titova, A. M. Nosov. Growth and biosynthetic characteristics of different *Polyscias* plant cell culture strains

O. G. Vvedensky. Providing of anadromous fish migration through high-head water developments

O. G. Bolyshova, I. L. Bukharina. Condition and ways of optimization of planting of greenery (on the example of little towns in the Lipetsk region)

T. Kh. Gordeeva, N. N. Gavritskova. Quantity and structure change of the complex of cellulose-digesting organisms influenced by microwave radiation

DATES. EVENTS. COMMENTS

E. A. Kurbanov. European experience for development of the system of competence and qualification in forestry

List of materials published in the journal in 2012

Information for the authors

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*181.65:630*181.62/.63

Н. Ф. Каплина, Н. Г. Жиренко

ДИНАМИКА ФИТОМАССЫ ЛИСТЬЕВ, СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ КРОН ДЕРЕВЬЕВ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДНЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Изучена межгодовая изменчивость состояния древостоя дуба на постоянных пробных площадях за цикл динамики фитомассы листьев в 2002–2011 гг. Восстановление облиственных побегов и отмирание нижних ветвей по-разному влияют на оценки по различным классификациям кроны деревьев. В последние годы отмечено наихудшее за четверть века, но не критическое состояние древостоя.

Ключевые слова: дуб черешчатый, фитомасса и поверхность листьев, состояние и развитие кроны деревьев, водяные побеги, засухи, филлофаги.

Введение. Дуб черешчатый – одна из наиболее долговечных лесообразующих пород. Экосистемы дубрав, в том числе на южной границе их распространения, отличаются микроклиматом, смягчающим неблагоприятное влияние засух и снижающим пожароопасность до минимума. Однако в Европе резко сокращаются площади лесов из дуба черешчатого как естественного, так и искусственного происхождения, наблюдается их многолетняя дефолиация. В современных исследованиях состояния и деградации дуба черешчатого поднимается вопрос о возможности существования дубрав как природной формации.

Рост и развитие дубрав в лесостепи обусловлены комплексом взаимосвязанных факторов, что чрезвычайно усложняет исследование влияния каждого фактора в отдельности. В данных условиях целесообразен подход изучения наиболее общих, неспецифических по отношению к отдельным факторам, признаков состояния деревьев и древостоев. С этой целью чаще применяются различные шкалы, оценивающие степень повреждения кроны в результате воздействия неблагоприятных факторов: лесопатологического состояния, жизненного состояния [1], повреждений поллютантами [2, 3]. Оценки роста и развития кроны деревьев, в том числе классические лесоводственные классификации и их аналоги обсуждались существенно реже [4–9], но в последние годы внимание к ним увеличилось [3]. Н. А. Лохматов [10] подчеркивает, что морфоструктура,

развитость, динамика кроны во времени предопределяют жизнеспособность дерева, устойчивость и долговечность. На основе 25-летнего изучения нагорной дубравы предложена классификация развития кроны дуба по характерным особенностям её строения и показана её информативность при мониторинге и прогнозе состояния деревьев и древостоев в неблагоприятных условиях лесостепи и города [8, 9].

Для района исследований характерна высокая, часто циклическая (колебательная) изменчивость по годам осадков вегетационного периода, в значительной мере определяющая динамику всех элементов экосистемы дубравы. Сходная изменчивость и периодичность свойственна и продуктивности высокопродуктивных нагорных снытево-осоковых дубрав [11, 12], их лесопатологическому состоянию и (в меньшей мере) развитию крон деревьев дуба [8]. Однако редко наблюдается синхронность показателей древостоя и внешних факторов, что объясняется как различиями комплекса условий среды, так и особенностями реакций дуба по годам. Важными для состояния дуба являются повторяемость неблагоприятных воздействий в течение нескольких лет [11], а в случае повреждения филлофагами – и в течение вегетационного сезона [13]. Даже при анализе краткопериодической (за 2–3 года) динамики древостоя часто невозможно установить причины ухудшения его состояния [7], поэтому необходимы оценки за каждый год. Особенно это важно в районе наших исследований – на юго-восточной границе лесостепи, где колебания продуктивности древостоев и их вредителей по годам ярко выражены в связи с динамикой влагообеспеченности.

Цель работы – изучение динамики продуктивности, состояния и особенностей поддержания устойчивости древостоя дуба в неблагоприятные годы. Важной методической **задачей** было сравнение информативности используемых неспецифических показателей древостоя. Оценивали по годам фитомассу листьев (двумя методами), долю числа деревьев хорошего состояния и развития крон (по различным классификациям) и другие показатели. Прослежена изменчивость и сопряженность показателей по годам за полный цикл динамики фитомассы листьев (2002–2011 гг.) на постоянных пробных площадях (ППП).

Техника полевых работ и методика обработки данных. Исследования проведены на ППП в снытево-осоковой дубраве искусственного происхождения Теллермановского опытного лесничества (Воронежская обл., 111°20'53" N, 41°58'35" E, 160 м над у.м.) среднего генеративного возрастного состояния, т.е. в период наилучшего онтогенетического развития как крон деревьев, так и полога древостоя. Это позволило исключить влияние на продуктивность преимущественного роста по высоте молодых деревьев, а также деградации крон старых деревьев. ППП являются вариантами опыта по влиянию рубок ухода на продуктивность дубравы, начатого около 50-ти и завершённого около 30-ти лет назад. Показатели этих древостоев за последнее десятилетие были сходными и представлены в данной статье в среднем для четырёх ППП (две ППП с рубками ухода и две – без рубок, общей площадью 0,4 га). Таксационные показатели древостоя дуба на 2011 г.: возраст – 79 лет, класс бонитета – I, среднеквадратический диаметр – 31,1 см, средняя высота – 27,3 м, число стволов – 360 шт. га⁻¹, сумма площадей сечений – 27,5 м² га⁻¹, запас – 311 м³ га⁻¹.

У всех деревьев измерялись диаметры и высоты с периодичностью 3–5 лет. Ежегодно велось визуальное описание деревьев с их оценкой по классификациям: по категориям лесопатологического состояния (1 – дерево без признаков ослабления, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее, 5 – свежий сухостой, 6 – старый сухостой); по оригинальной, ранее апробированной классификации роста и развития крон [8, 9] (1 – раскидистая крона, с мощными нижними ветвями, водяные побеги от-

сутствуют на стволе под кроной, 2 – зонтиковидная крона, без мощных нижних ветвей, водяные побеги имеются в том числе на стволе под кроной, 3 – протяженная или узкок-ронная, большей частью сформированная из водяных побегов, представляющие разные стадии и способы адаптации деревьев дуба); по классам роста и развития крон по Крафту (Ia – I – прегосподствующие, с симметрично развитой кроной, по оригинальной классификации – с раскидистыми кронами, II – господствующие, с угнетенной с одной-двух сторон кроной, большей частью – раскидистые, иногда – зонтиковидные, III – согосподствующие, с угнетенной с трёх-четырёх сторон кроной, в основном – зонтико-видные кроны, IV – подчиненные, V – отмирающие, последние два класса – в основном – узкок-ронные). При визуальном обследовании кроны также учитывались многие пока-затели, в том числе процент вторичной кроны (водяных побегов), а с 2008 года – про-цент повреждения филлофагами площади поверхности листвы (по оценкам в августе).

Фитомассу листьев древостоя в абсолютно сухом состоянии (Ph_L) оценивали двумя методами. Первый метод [14] – по данным модельных деревьев (22 шт.) за период 1954–2007 гг. Использовали установленное ранее постоянство среднего соотношения Ph_L и годичного прироста ствола без коры по объему (Z_W) деревьев дуба; для совокуп-ности модельных деревьев $Ph_L/Z_W = 0,43 \pm 0,02$ т/м³. Вводили поправку на меньшую из-менчивость Ph_L по сравнению с Z_W , в размере 0,01 т/м³ на 1 м³ отклонения от средней величины Z_W (равной 8 м³ год⁻¹ га⁻¹). Необходимую для расчетов величину Z_W деревьев определяли по уравнению (полученному аппроксимацией данных хода роста ствола по годам восьми модельных деревьев 1990 г.) ($R^2 = 0,99$): $Z_W = 0,000561 A^{-1,74} H^{3,12} G^{0,289} Z_D^{0,776}$, где A – возраст дерева, H – высота, G – площадь сечения ствола, Z_D – прирост по диаметру. Для оценки приростов по диаметру в различные годы привлечены данные по кернам, взятым на высоте 1,3 м в 1990 – 2011 гг. Радиальный прирост измерен с помо-щью бинокуляра МБС-10 с точностью 0,05 мм. Зависимости приростов по диаметру от диаметров стволов рассчитаны отдельно для каждого года. Пересчет Z_W на древостой проводили по оригинальному методу скользящих ступеней толщины [13]. Ошибка $Ph_L(2)$ -оценки полагается лежащей в пределах ± 10 %.

Для большей надежности, Ph_L одновременно оценивали другим методом – по опа-ду. Опадоуловители (0,7 м²) размещали случайным образом по пять штук на ППП. Сбор опада осуществлялся с сентября по декабрь: в 2003–2008 гг. – 1 раз в неделю (первый учет – весь летний опад, последний учет – зимний опад), в 2009–2011 – за 3–4 учета. Пересчетом на гектар получали $Ph_L(2)$ -оценки. С целью оценить изменчивость массы опада по площади и точность её оценки, в 2005–2008 гг. проведены более де-тальные учеты на четырёх ППП. Сезонная динамика опада (рис. 1) различается по го-дам, но на всех ППП она сходна, что говорит об удовлетворительной точности оценки массы опада по этому методу. Изменчивость (коэффициент вариации) массы опада по опадоуловителям на различных ППП составила 10–16 %.

Результаты, их анализ и интерпретация. Результаты оценки фитомассы листьев двумя методами представлены на рис. 2 и в табл. (с. 7). Оценки $Ph_L(1)$ систематически более высокие, чем $Ph_L(2)$ – в среднем на 21 % (без учета значений 2007 года, в кото-рый их различие было чрезмерно большим). Помимо систематической составляющей, разность $Ph_L(1) - Ph_L(2)$ включает и случайную величину, изменяющуюся на отдельных ППП в пределах ± 20 % , а для древостоя в целом – ± 10 %. Систематическое различие двух использованных методов можно отнести к их несовершенству: 1) завышению $Ph_L(1)$: а) при её расчете по показателям модельных деревьев, не имевших признаков ослабления (разорванной или слабо облиственной кроны), б) из-за приравнивания при-роста стволов модельных деревьев измеряемого в середине–конце августа и возможно ещё незавершенного, к полному приросту, измеренному на кермах; 2) занижению

$Ph_L(2)$ по причинам а) отчуждения листы филофагами (в т.ч. фонового – до 10–20 %), б) потерь на реутилизацию веществ из листьев перед опадом и на гетеротрофное дыхание опада (гниение). Сильное занижение $Ph_L(2)$ в 2007 году, видимо, объясняется именно гетеротрофным дыханием из-за технических проблем с высушиванием большой массы опада. Можно заключить, что оба метода дают приемлемые оценки относительной динамики фитомассы листьев.

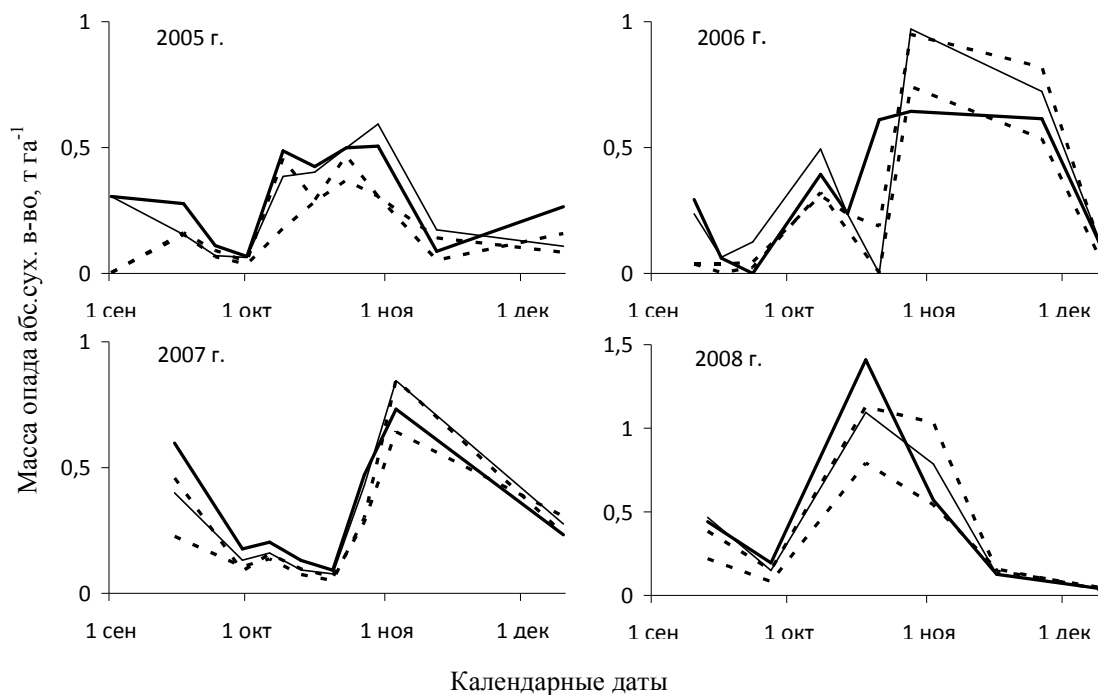


Рис. 1. Сезонная динамика опада листьев дуба на четырёх ППП в различные годы. Повышенные значения опада в начале сентября связаны с включением в него летнего опада

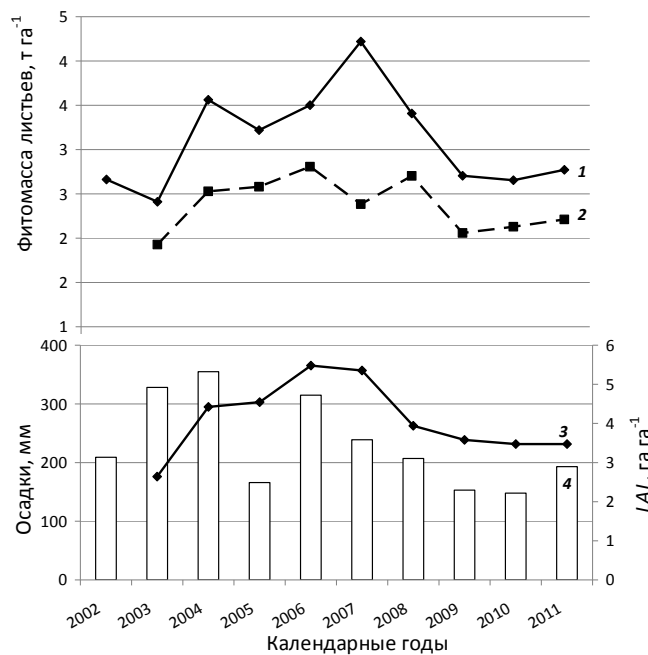


Рис. 2. Динамика фитомассы листьев древостоя дуба по методу модельных деревьев (1) и по опаду (2), поверхности листьев по опаду - LAI (3) и осадков вегетационного периода (4)

Показатели продуктивности, состояния, развития и внешних факторов роста древостоя дуба

Показатель	Год учета									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Продуктивность										
Число желудей, тыс. шт. га ⁻¹	-	-	-	415	0	1332	0	17	31	0
Текущий прирост, м ³ га ⁻¹ год ⁻¹	6,4	5,6	8,7	7,7	8,5	10,6	8,1	6,2	6,0	6,3
Фитомасса листьев $Ph_L(1)$, т га ⁻¹	2,7	2,4	3,6	3,2	3,5	4,2	3,4	2,7	2,7	2,8
Фитомасса листьев $Ph_L(2)$, т га ⁻¹		1,9	2,5	2,6	2,8	2,4	2,7	2,1	2,1	2,2
Поверхность листьев, га га ⁻¹	-	2,7	4,2	5,0	5,3	5,7	4,2	3,6	3,5	4,8
В т. ч. вклад водяных побегов, %	-	-	-	47	50	42	42	48	44	63
Удельная поверхность листьев, м ² кг ⁻¹	-	14	17	18	20	22	15	17	16	21
Состояние и развитие крон										
Число обследованных деревьев, шт.	129	124	120	161	152	149	149	147	144	141
Доля деревьев I-II категорий, %*	92	94	95	92	92	95	90	89	65	78
Доля деревьев раскидистого типа, %*	41	34	33	23	23	33	26	23	22	19
Доля деревьев I-II классов по Крафту, %	38	32	31	29	25	28	26	30	28	32
Внешние факторы										
Осадки за вегетационный период (V-IX), мм**	209	328	355	166	315	239	207	153	148	193
Число листьев с гусеницей листовертки, тыс. шт. га ⁻¹	-	0	0	0	0	120	200	350	650	30
Повреждение листьев широко-минирующей молью, %	10	10	10	10	10	10	20	24	30	21
* 2002-2004 гг. – по данным Н.Н. Селочник, 2005-2006 гг. – по совместным оценкам [8]										
** 2002-2008 гг. – по данным сотрудников ИЛАН, 2009-2011 гг. – Борисоглебской метеостанции										

Продуктивность и состояние древостоя дуба в период 2002–2011 гг. существенно изменялись (рис.2, табл.). В 1995–2004 гг. наблюдалась депрессия древостоя, сопровождавшаяся волной отпада ослабленных деревьев, в том числе и III класса по Крафту. Причем в этот период не зафиксировано экстремальных экзогенных факторов. Тем не менее, динамика числа деревьев и объемного запаса дуба была сходна с показателями дубрав в период массового усыхания дуба 1975–1985 гг. [12]. В дальнейшем отпад наблюдаемых деревьев остается слабым, низовым. Доли числа деревьев I–II категорий и раскидистых деревьев в период депрессии остаются высокими, выше 90 %, и 30 %, соответственно, что можно объяснить усыханием ослабленных и отставших в росте деревьев. В 2005–2006 гг. доля числа раскидистых деревьев снижается до 23 %, очевидно, с повышением сомкнутости древостоя и усилением конкурентных отношений.

В середине периода наблюдений фитомасса листьев и прироста стволов древостоя повысились к 2007 году почти в два раза, несмотря на обильный урожай желудей и летнюю засуху в том же году. Таким образом, фитомасса листьев в 2007 году вновь после депрессии практически достигла максимальных величин, составлявших в 1985, 1991, 1993 и 1994 гг. 4,3 – 4,9 т га⁻¹ год⁻¹ (расчет по методу модельных деревьев). Повысилась и доля числа раскидистых деревьев – до 33 %.

Последние годы характеризуются наихудшими показателями лесопатологического состояния деревьев дуба за последнюю четверть века. Годы с малыми осадками вегетационного периода повторяются четыре раза подряд, включая два экстремальных года (2008–2011 гг.), что крайне неблагоприятно для дуба [11]. Также с 2008 года увеличи-

лась численность (в опаде) гусениц зеленой дубовой листовертки (до 600 тыс. шт. га⁻¹ в 2010 году) и повреждение листьев дуба широкоминирующей молью по визуальным оценкам (до 30 % в 2010 году). Наиболее чутко отреагировали на неблагоприятные факторы продукционные показатели – текущий прирост стволов, поверхность и фитомасса листьев, снизившиеся к 2010 году более чем в 1,5 раза. Лесопатологическое состояние, как комплексная оценка облиственности дерева и усыхания ветвей в кроне, также значительно ухудшилось: доля числа деревьев хорошего состояния (I и II категорий) уменьшилась до 65 % в 2010 году, чего не наблюдалось последние 25 лет [8]. Однако уже в 2011 году заметны признаки восстановления крон деревьев дуба – повышение площади поверхности листьев и улучшение лесопатологического состояния.

Более инертно изменяется доля числа раскидистых деревьев по оригинальной классификации. Ранее, на примере этого же древостоя показано, что её средняя многолетняя величина весьма устойчива, при этом данный показатель чувствителен к внешним факторам: рубкам ухода, засухам, повреждениям филлофагами. В среднем за период 1985–2005 гг. доля числа раскидистых деревьев составила на ППП с рубками ухода – 44 %, а на контроле – 34 % [8]. В 2005–2006 гг. и начиная с 2008 года этот показатель достиг 25-летнего минимума на всех ППП – 18–21 %. В предыдущие два десятилетия она оставалась довольно стабильной и примерно равной доле господствующих деревьев по Крафту. Это снижение объясняется усыханием нижних крупных ветвей и, таким образом, переходов деревьев из класса раскидистых в зонтиковидные. При этом их кроны остаются крупными, а деревья – господствующими (II класса по Крафту). Необходимо дальнейшее изучение этого явления для доработки и уточнения возможностей оригинальной классификации развития крон для оценки и прогноза состояния дубрав.

В отличие от вышеописанных показателей, доля числа господствующих деревьев по Крафту (I–II классов) слабо изменяется по годам и не обнаруживает тенденции к снижению в связи с засухой 2010 года (табл., с. 7).

Чтобы интерпретировать представленные в табл. (с. 7) результаты для оценки влияния засухи на жизнестойкость и для прогноза дальнейшего роста и развития деревьев дуба, необходимо принять во внимание особенности восстановления и развития дубом фотосинтетического аппарата после его усыхания в засуху либо отчуждения филлофагами. Изменчивость показателей облиственности, состояния и развития крон деревьев дуба по годам сопряжена с особенностями их циклического развития. Дуб в Теллермановском лесном массиве подвержен периодическим депрессиям, снижению радиального прироста и потере части кроны в неблагоприятные годы и способен к их восстановлению в благоприятные годы. Причем восстанавливаются запасы как пластических веществ дуба, так и грунтовых вод, что способствует сглаживанию негативного влияния засух и поэтому так важна периодичность благоприятных лет [11]. Есть предположения различных авторов о способности дуба запасать пластические вещества в объеме, достаточном для трёхкратного восстановления листы. Многие авторы отмечают, что обильные водяные побеги появляются на ослабленных деревьях. У деревьев дуба при усыхании облиственных побегов при неблагоприятных воздействиях происходит их восстановление из запасных почек на ветвях и стволе [10, 13, 15].

Рассмотрим подробнее динамику облиственности изученного древостоя дуба на нисходящей ветви её цикла (рис. 3).

В изученном древостое вклад водяных побегов в общую поверхность листьев (по визуальным оценкам) составляет в среднем для всех деревьев 40–50 % (табл. 1), в т.ч. раскидистых деревьев – 20–30 %, зонтиковидных – 30–40 % и узкокронных – 50–75 % [8]. В 2007 году кроны деревьев хорошо облиственны, хотя и довольно ажурны, что характерно

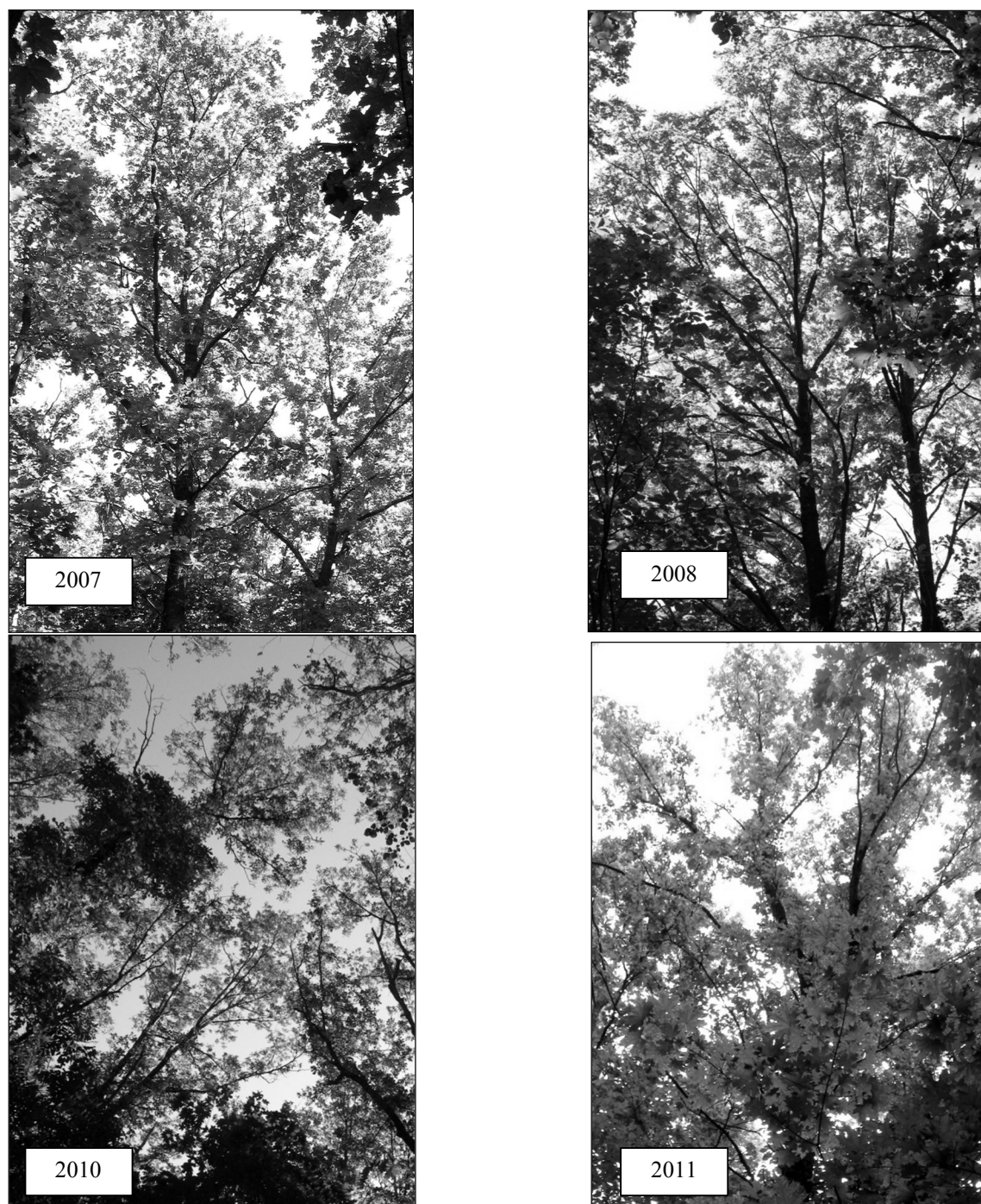


Рис. 3. Кроны господствующих деревьев дуба (август) в лучший год (2007 г.), благоприятный (2008 г.), год засухи (2010 г.) и последующего восстановления крон (2011 г.)

для древостоев Теллермановского лесничества. Пространство между скелетными осями заполнено облиственными ветвями в основном двух-трёх порядков ветвления. В 2008–2009 гг. облиственность сходная, но уже заметны следы повреждения филлофагами, а цвет листьев приобрел заметный салатовый оттенок практически у всех деревьев. В засушливый 2010 год резко увеличилась ажурность крон из-за усыхания облиственных, особенно водяных побегов, в результате чего заметны разрывы между скелетными ветвями. Листья имеют желтый оттенок, а поврежденные широкоминирующей молью – также и бурый цвет. В 2011 году наблюдается интенсивное развитие водяных побегов

на скелетных ветвях и стволах, в соответствии с типом развития кроны дерева. Визуально оцениваемая средняя доля поверхности листьев водяных побегов в кроне дерева возросла до 63 %, чем и объясняется улучшение состояния деревьев и стабилизация текущего прироста стволов и фитомассы листьев. Ажурность в пределах ветвей минимальная, но сохраняются характерные разрывы между ветвями, которые вызваны также быстрым ростом ветвей в длину, в сторону прогалин. В начале вегетации текущего, 2012 года, облиственность крон сходная.

Итак, можно выделить две характерные черты развития крон деревьев дуба: 1) активный рост скелетных ветвей в длину, что позволяет быстро захватывать окна в пологе, 2) развитие побегов из спящих почек (водяных побегов) для возмещения листовой циклически усыхающих ветвей второго и более высоких порядков ветвления. Большой запас спящих почек, а также две, а иногда и три генерации побегов за вегетацию, позволяют дубу черешчатому развить хорошо облиственную систему побегов за 2–3 года и впоследствии восстановить параметры крон деревьев до среднемноголетних. Этого и следует ожидать в объекте исследования при отсутствии экстремальных ситуаций. Иными словами, в условиях, когда на один благоприятный год приходится три неблагоприятных, можно ожидать высокой жизнестойкости исследуемого древостоя.

Сравнивая использованные классификации, можно заключить, что оценка лесопатологического состояния зависит от циклического отмирания и обновления облиственных побегов, в связи с чем не может использоваться для долгосрочных прогнозов. Оценка развития крон по оригинальной классификации чувствительна к потере кронами наиболее крупных нижних ветвей (свидетельствующей о снижении запаса пластических веществ дерева) и может быть использована в среднесрочном прогнозировании. Классификация социального статуса деревьев дуба по Крафту дает наиболее стабильные оценки и, возможно, годится для наиболее длительных прогнозов.

Выводы

1. Методы оценки фитомассы листьев – по модельным деревьям и по опадку, подходят для её мониторинга на ППП, но с учетом их возможностей и ограничений.

2. Колебания по годам показателей количества и качества листьев в дубраве весьма значительны, что можно использовать при мониторинге их продуктивности и состояния, в т.ч. по космическим и аэрофотоснимкам.

3. Используемые классификации состояния и развития крон деревьев дуба показали различную чувствительность к циклическому отмиранию и обновлению системы облиственных побегов и волновому усыханию нижних ветвей в засушливых условиях. Можно ожидать их различную информативность для кратко-, средне- и долгосрочных прогнозов состояния дубрав.

4. Современная погодно-климатическая ситуация не экстремальна для дуба черешчатого в нагорной части Теллермановского леса. Состояние исследованного древостоя – наихудшее за четверть века, но не критическое, что ещё раз подтвердило способность дуба выдерживать 2–3 неблагоприятных года без снижения жизнестойкости.

Список литературы

1. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-57.
2. Redfern, D.B. Assessment of crown condition in forest trees: comparison of methods, sources of variation and observer bias / D.B. Redfern, R.C. Boswell // Forest Ecology and Management. – 2004. – № 188. – P. 149–160.
3. ICP Forests Manual [Электронный ресурс]. - Hamburg, 2010. - Режим доступа: [www.url: http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual](http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual) (дата обращения 27.05.2012).

4. *Roloff, A.* Crown morphology as a tool to determine tree vitality / A. Roloff // *L'arbre biologie et developpement. Actes du 2. – Montpellier, 1991. – P. 115-126.*
5. *Innes, J.L.* An assessment of the use of crown structure for the determination of the health of beech (*Fagus sylvatica*) / J.L. Innes // *Forestry. – 1998. – Vol. 71, No 2. – P. 113-130.*
6. *Лохматов, Н.А.* Развитие и возобновление степных лесных насаждений / Н.А. Лохматов. – Балаклея: Сім., 1999. – 498 с.
7. *Dobbertin, M.* Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review / M. Dobbertin // *European J. of Forest Research. – 2005. – Vol. 124. – P. 319-333.*
8. *Каплина, Н.Ф.* Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи / Н.Ф. Каплина, Н.Н. Селочник // *Лесоведение. – 2009. – № 3. – С. 32-42.*
9. *Селочник, Н.Н.* Оценка состояния дубрав с учетом развития крон деревьев в неблагоприятных условиях: антропогенных (Московский регион) и климатических (лесостепь) / Н.Н. Селочник, Н.Ф. Каплина // *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 4(80). – С. 103-108.*
10. *Лохматов, Н.А.* О перестройке крон дуба в очагах его усыхания от неблагоприятных условий / Н.А. Лохматов // *Лесоводство и агролесомелиорация. – 1981. – Вып. 59. – С. 21-25.*
11. *Состояние дубрав лесостепи: Монография / отв. ред. докт. биол. наук А. Я. Орлов, канд. биол. наук В. В. Осипов. – М.: Наука, 1989. – 230 с.*
12. *Каплина, Н.Ф.* Динамика прироста деревьев в нагорных антропогенных дубравах южной лесостепи / Н.Ф. Каплина // *Лесоведение. – 2006. – № 4. – С. 3-11.*
13. *Рубцов, В.В.* Адаптационные реакции дуба на дефолиацию / В.В. Рубцов, И.А. Уткина. – М.: Институт лесоведения, 2008. – 302 с.
14. *Каплина, Н.Ф.* Погодичная динамика фитомассы и продукции древостоя дуба южной лесостепи: методические подходы и результаты / Н.Ф. Каплина, Н.Г. Жиренко, А.Ф. Ильющенко // *Производственный процесс и структура лесных биогеоценозов: теория и эксперимент (Памяти А.И.Уткина). – М.: КМК, 2009. – С. 68 - 92.*
15. *Ильющенко, А.Ф.* Формирование вторичной кроны дуба и ее роль в динамике состояния древостоя / А.Ф. Ильющенко, М.Г. Романовский // *Лесоведение. – 2000. – № 3. – С. 65-72.*

Статья поступила в редакцию 18.06. 12.

Поддержано РФФИ (гранты 12-04-01347, 12-04-01077) и Программой фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: Динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий».

N. F. Kaplina, N. G. Zhirenko

DYNAMICS OF LEAVES PHYTOMASS, STATE AND GROWTH OF LIMBS OF TREES OF THE MOUNTAIN OAK FOREST IN THE SOUTH-EASTERN FOREST STEPPE IN UNFAVOURABLE CONDITIONS OF THE LAST DECADE

Interannual variability of oak stand condition at the permanent inventory plots for a leaves phytomass cycle in 2002-2011 is studied. Foliaceous sprout restoration and dying off lower branches differently influence on assessments in different classifications of the limbs of trees. Over the last years the worst condition of the stand was observed. Nevertheless, the condition is not critical.

Key words: *English oak, phytomass and leaves surface, condition and growth of limbs of tree, water sprout, drought, defoliators.*

КАПЛИНА Наталья Федотовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института лесоведения РАН (Россия, Москва). Область научных интересов – лесная экология. Автор 65 публикаций.

E-mail: kaplina@inbox.ru

ЖИРЕНКО Николай Георгиевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института лесоведения РАН (Россия, Москва). Область научных интересов – лесная экология. Автор 20 публикаций.

E-mail: nzhirenko@mail.ru

УДК 632.92:631.16

А. С. Манаенков, М. В. Костин, В. А. Шкуринский

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ДУБРАВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ НА КОМПЛЕКСНЫХ ПОЧВАХ СУХОЙ СТЕПИ И ПОЛУПУСТЫНИ

Приведена оценка роста и современного состояния насаждений «промышленных дубрав» в сухой степи и полупустыне, их зависимости от почвенно-климатических, лесокультурных и лесоводственных факторов. Сделаны выводы о хозяйственном, экологическом и познавательном значении дубрав. Предложены способы повышения их долговечности и мелиоративной эффективности.

Ключевые слова: сухостепная и полупустынная зоны, промышленные дубравы, рост, состояние, значение, повышение долговечности.

Введение. Постановлением Совета Министров СССР и ЦК ВКП (б) от 17 июня 1949 г. «О создании дубовых лесов промышленного значения по правому берегу Волги в районах Сталинградской и Астраханской областей и в районах Дона и Маныча Ростовской области» за период 1950–1955 гг. планировалось создать 407 тыс. га массивных насаждений для выращивания местной товарной древесины в малолесных районах страны. На значительной площади эта работа была выполнена. По разным причинам большая часть культур погибла уже в первые годы [1]. Сохранившиеся насаждения в виде массивов и кулис чистых и смешанных древостоев дуба имели большие различия в росте, полноте, долговечности, отзывчивости на хозяйственные мероприятия. Их изучение рядом исследователей [1–4] не дало однозначной оценки возможности выращивания дубрав на зональных почвах засушливой и сухой степи. Поэтому дожившие до нашего времени фрагменты таких насаждений имеют исключительное познавательное значение и позволяют получить ответ на ряд принципиальных вопросов лесокультурной практики.

Наши исследования выполнены в августе 2011 г. в массиве «Громославская дубрава», гослесополосе Воронеж–Ростов-на-Дону на территории Октябрьского района Волгоградской области и в кулисных культурах восточнее п. Шарнута Сарпинского района Республики Калмыкия, расположенных в подзонах злаковых и полынных степей с преобладанием в почвенном покрове зональных почв каштанового типа разной степени солонцеватости. Понижения рельефа местности заняты лугово-каштановыми и другими глубокосолонцеватыми («падинными») почвами [5]. Климат района резко континентальный, засушливый. Годовая норма осадков 300–350 мм, испаряемости 700–750 мм. Грунтовые воды залегают на коренедоступной глубине.

Цель исследований – изучить влияние на состояние, продуктивность и долговечность насаждений дуба черешчатого почвенно-климатических, лесокультурных и лесоводственных факторов.

«Громославская дубрава» (более 200 га) размещена на плоском слабонаклоненном участке водораздельной возвышенности междуречья рек Аксая и Мышкова, пересеченном

неглубоким суходолом с ложбинами стока, легкоглинистой и тяжелосуглинистой каштановой почвой. Культуры дуба были заложены в 1952 году рядовым посевом желудей (30 шт. на 1 пог. м), привезенных из Украины, с расстоянием между рядами 6 м. В первые два года междурядья использовались для выращивания кукурузы. В дальнейшем на протяжении многих лет по 3–4 раза за теплый сезон в них велись механизированные агротехнические уходы [1–3]. В опушечных рядах вдоль основных дорог уходы за почвой продолжались вплоть до начала 90-х годов прошлого века. Первую рубку ухода провели только в 17 лет, что отрицательно сказалось на развитии перегущенного в рядах молодняка. Лучшие результаты дала прочистка средней интенсивности (64 % по числу стволов, 30 % по запасу) [1, 2]. В 31-летнем возрасте на лугово-каштановых почвах дуб имел высоту 10–12 м при диаметре стволов до 25 см [3]. На ровных участках с зональными солонцеватыми почвами средняя высота древостоя и в 46 лет не превышала 5 м [4].

В возрасте 59 лет сохранность и состояние древостоя по территории дубравы крайне неоднородные. Лучшие таксационные показатели (см. табл.) имеют фрагменты культур в замкнутых понижениях рельефа и ложбинах стока с дополнительным водным питанием за счет перераспределенных осадков, выщелоченными почвами и скоплением карбонатов глубже одного метра. В таких условиях (пр. пл. 1, на небольшой части пр. пл. 3 и 4) сформировались хорошо сомкнутые в рядах куртины со средней высотой 11,0–14,0 м, средним диаметром 18,0–25,0 см и запасом стволовой древесины невысокой товарности 150–190 м³/га.

Таксационная характеристика насаждений «дубрав промышленного значения» на каштановых почвах сухой степи и полупустыни ЕТР

№ пр. пл.	Почва, ТУМ	Состав	Возраст, лет	Высота ср., м	Диаметр ср., м	Бонитет	Полнота	Число деревьев на га	Запас, м ³ /га
Урочище «Громославская дубрава» (Ново-Аксайское участковое лесничество Светлоярского лесничества Волгоградской области)									
1	Лугово-каштановая легкоглинистая, Д ₂	10Д	59	14,0	24,7	III	1,1	546	186
2	Каштановая легкоглинистая, Д ₁	10Д	59	8,4	15,2	V	0,6	695	63
3	Лугово-каштановая тяжелосуглинистая, Д ₁₋₂	10Д	59	11,0	18,2	IV	1,1	917	147
4	Каштановая среднесуглинистая, Д ₁₋₂	I яр 10Д II яр Трн, Жо	59 –	9,0 1,5-2,5	16,4 –	V –	0,5 1,0	491 2500	52 –
Дубово-ясеновые кулисы, расположенные вблизи п. Шарнута (Обиленское участковое лесничество Ергенинского лесничества Республики Калмыкия)									
5	Темноцветная тяжелосуглинистая, С ₂	9Д 1Яо	59 20	7,4 6,7	16,9 8,3	V IV	1,2	1167 333	109 8
6	Светло-каштановая тяжелосуглинистая, С ₁	10Д поросл.	25	6,1	6,6	IV	0,4	2236	27
Гослесополоса Воронеж–Ростов-на-Дону (Ново-Аксайское участковое лесничество Светлоярского лесничества Волгоградской области)									
7	Лугово-каштановая легкоглинистая, Д ₂	9Д 1Яо	45	14,5 10,6	19,3 13,5	II III	0,9	729 1303	160 80

Однако признаки распада присутствуют и здесь. За прошедшие два десятилетия доля здоровых экземпляров сократилась до 20–45 %. У остальной части деревьев крона активно отмирает и изреживается. Усыханием охвачено 1/5–1/3 ее протяженности. Общая сомкнутость полога снизилась до 0,5–0,6 (рис. 1). В напочвенном покрове разнотравье замещается степными злаками.



Рис. 1. 59-летние культуры дуба с широкими междурядьями на лугово-каштановой почве в сухой степи. «Громославская дубрава». Август, 2011 г.

Дуб здесь периодически плодоносил, о чем свидетельствует наличие небольшого количества (300–500 экз./ га) разновозрастного подроста, появившегося после прекращения уходов в междурядьях. Вследствие задержания почвы он часто страдает от дефицита влаги, перевершинивается, кустится и постепенно отмирает. В результате имеет небольшую высоту (0,3–0,8 м), неравномерное распределение по площади (на «пятнах» злаковых трав отсутствует) и не в состоянии сформировать новое поколение дуба.

На преобладающих плоских участках местности с комплексными солонцеватыми почвами и залеганием горизонта скопления карбонатов ближе одного метра от поверхности (за исключением пятен солонцов, где дуб выпал в молодом возрасте [1]) распад древостоя начался раньше и происходит еще более ускоренно (пр. пл. 2–4) при запасае низкотоварной ствольной древесины 50–60 м³/га. Здоровых деревьев здесь практически не осталось, а количество усохших составляет 50–70 %. Усыхание стволов суховершинных деревьев опустилось до высоты 1–2 м и ниже. Лесной полог и подрост отсутствуют. Густой напочвенный покров составляют корневищные злаки (преимущественно пырей ползучий) высотой 1–1,5 м с участием солодки, донника, полыни австрийской и других трав с урожайностью сена 25–30 ц/га и более (рис. 2). Склоны и днища суходольных звеньев гидрографической сети покрылись почти непроходимыми зарослями терна и жостера высотой 1,5–2,5 м, куртинами солодки. На верхних участках склонов кустарники начали выпадать. В местах концентрации стока влаги они продолжают расти и плодоносить.

Отмирающие культуры с богатым травостоем на большой площади периодически повреждаются низовыми пожарами, что ускоряет их гибель. Бесперспективность каких-либо мер по их оздоровлению очевидна.



Рис. 2. 59-летние культуры дуба с широкими междурядьями на зональной каштановой почве в сухой степи. «Громославская дубрава». Август, 2011 г.

Анализ хода роста модельных деревьев (рис. 3) свидетельствует о том, что на лугово-каштановой почве практически полное прекращение роста дуба произошло в 42–43-летнем возрасте (через 2–3 года после прекращения ухода за почвой), на зональных почвах – на 5–8 лет раньше. Важно отметить, что оно произошло на восходящем отрезке кривой динамики атмосферного увлажнения территории, когда годовая сумма осадков в среднем по пятилетиям на 10–35 % превышала многолетнюю норму. То есть, на каштановых почвах сухой степи в культурах с широкими междурядьями и продолжительными агротехническими уходами, по-видимому, даже при своевременной оптимизации густоты древостоя, успешный рост семенного поколения дуба обеспечивается только до 35–45 лет. После этого их необходимо вырубать в расчете на получение порослевого поколения или замену новыми культурами.

Обнадеживают рост и состояние культур на лугово-каштановой почве понижения (в аналогичных с пр. пл. 1 почвенно-климатическими условиями) в гослесополосе Воронеж–Ростов-на-Дону при смешении дуба двумя спаренными рядами (через 1,5 м) с одним рядом (через 3 м) ясеня обыкновенного (пр. пл. 7). В возрасте 45 лет он сохраняет достаточно большую густоту, здоровый вид, достигает высоты 15–16 м при среднем диаметре около 20 см и запасе стволовой древесины хорошей товарности – 160 м³/га. Отпад дуба идет почти исключительно за счет отставших в росте тонкомерных деревьев. Ряды ясеня около 20 лет назад подверглись прореживанию. Пни срубленных деревьев успешно возобновились и лучшие порослевые экземпляры практически сравнялись по высоте с семенными, но ясень в росте на 1–2 м уступает дубу, и его стволы наклонены в сторону междурядий. Сильно угнетенные деревья (также в основном из верхних ступеней толщины) имеют густую невысокую поросль у основания. В насаждении сохраняется лесная обстановка – высокая сомкнутость полога, отсутствует живой напочвенный покров, имеется разновозрастный густой подрост ясеня высотой 0,5–3 м и дуба (редкими куртинами) – 0,3–2 м.

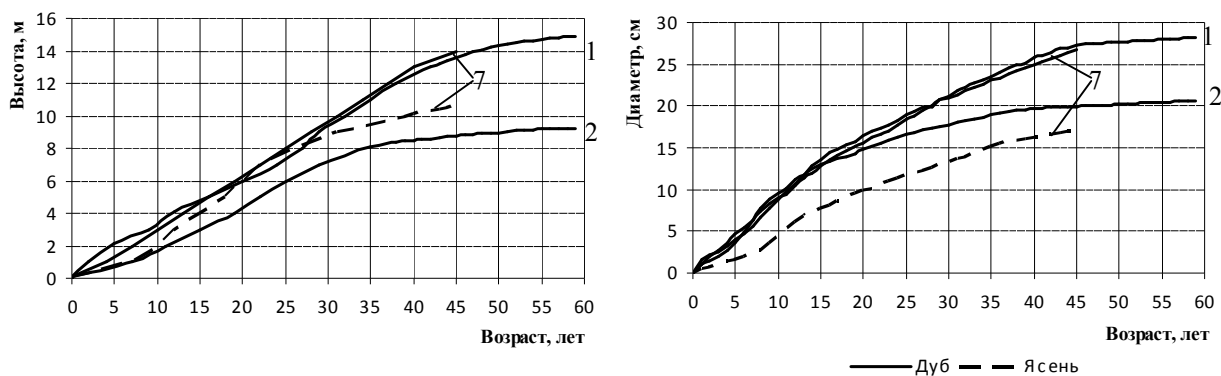


Рис. 3. Ход роста в высоту (м) и по диаметру (см) дуба в чистых культурах с 6-метровыми междурядьями на лугово-каштановой (1) и каштановой зональной почве (2), дуба и ясеня с 1,5–3-метровыми междурядьями (7) на темноцветной почве сухой степи

До 40 лет прирост дуба в высоту составлял 35–40 см в год (см. рис. 3). В последнем пятилетии он уменьшился до 30 см и скорее связан с повышением засушливости погодных условий. Прирост по диаметру достиг кульминации в 15 лет, а в последующие годы несколько уменьшился, но остается стабильным. Ясень конкурировал с дубом за господство в пологе до 20–25 лет, а в дальнейшем стал ему уступать. Радиальный прирост у ясеня менее ровный и быстрый, чем у дуба.

Современное состояние и динамика роста дуба позволяют прогнозировать долговечность этого насаждения не менее 60 лет. В нем имеется возможность улучшать влагообеспеченность дуба рубками ухода. При необходимости с помощью малозатратных лесовозобновительной рубки и уходов за подростом это насаждение можно также успешно заменить на устойчивое поросле-семенное дубово-ясеневое поколение.

В урочище, расположенном в 5 км от п. Шарнут на светло-каштановой почве северо-западного склона Ергеней, культуры 1952 г. из дуба с ясенем обыкновенным и жимолости татарской были заложены кулисами (шириной 40–60 м) чередованием рядов дуба (через 3 м) с рядами из ясеня с жимолостью. Участки кулис с наличием дуба в виде густых зарослей высотой 6–8 м сохранились фрагментарно в нижней части склона возвышенности на темноцветной незасоленной почве с горизонтом скопления карбонатов на глубине 0,6–0,7 м.

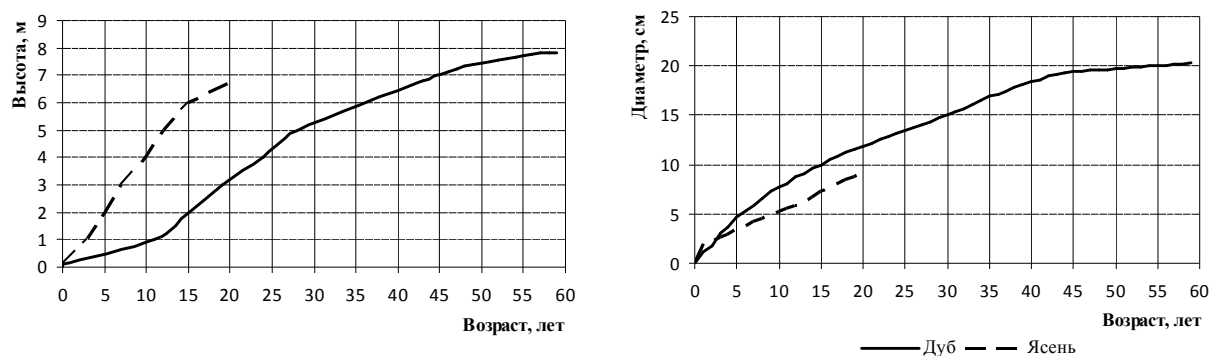


Рис. 4. Ход роста в высоту (м) и по диаметру (см) дуба и ясеня в смешанных культурах с трёхметровыми междурядьями (пр. пл. 5) на темноцветной почве полупустыни (Ур. «Шарнут», Республика Калмыкия)

Состояние дуба, за исключением деревьев в опушечных рядах, крайне ослабленное (пр. пл. 5). Более 50 % его деревьев усохло или усыхает. Суховершинность у живых дубков захватила 20–50 % протяженности ствола. Имеется много пней от вырубленного су-

хостоя дуба. Ясень вследствие неоднократного изреживания представлен разновозрастными деревьями, кустами поросли и выглядит здоровым. Жимолость татарская – раскидистыми кустами высотой более 2 м, нередко целиком накрывшими междурядья кроной. Живой напочвенный покров отсутствует.

В этих условиях в смешанном насаждении ясень обгоняет дуб в росте и лучше сохраняется. Так, установлено, что дуб относительно быстро рос здесь только до 20–25 лет (рис. 4), а потом наступила депрессия его прироста, вызванная усилившейся конкуренцией за влагу со стороны спутников. Прореживания ясеня и омоложение кустарника на короткие периоды времени улучшали его влагообеспеченность и рост, за которыми следовало очередное водное голодание и ускорение отпада. В ближайшие годы насаждение превратится в ясенево-кустарниковое и, затем, кустарниковое.

На зональной светло-каштановой солонцеватой почве опыт перевода таких насаждений в порослевые древостои оказался неудачным (пр. пл. 6). Так, сплошная вырубка 33-летнего насаждения, расположенного на пологом склоне выше предыдущего (видимо, по причине начавшегося усыхания дуба) с раскорчевкой рядов ясеня с жимолостью и расширением междурядий до 6 м, создала возможность проводить агротехнические уходы и привела к образованию и активному развитию поросли дуба, даже без своевременного изреживания. В результате длительной обработки почвы междурядья приобрели корытообразную форму, а кроны поросли (6–12 стволов на пне) достигли сомкнутости около 0,6. Однако в 12–13 лет, по-видимому, вскоре после прекращения уходов и задернения почвы, рост дуба резко замедлился, началась деградация насаждения, и в 25–26 лет оно полностью усохло (рис. 5).



Рис. 5. Усохшее 25-летнее порослевое насаждение дуба с шестиметровыми междурядьями на светло-каштановой почве (Ур. «Шарнут», Республика Калмыкия)

В этих условиях высокой жизнеспособностью отличаются культуры скумпии кожанной и жимолости татарской. Так, созданные на верхнем отрезке склона в виде чередования четырехрядных кулис (ряды через 3 м) этих кустарников, они превратились в вы-

сокосомкнутое труднопроходимое насаждение. В возрасте более 20 лет кустарники имеют здоровые густые кроны, обильно плодоносят. Скумпия достигла в высоту 6–7 м при среднем диаметре стволов 6–12 см. Жимолость – 2–2,5 м и большого размера кроны. В кулисах встречаются здоровые высокие экземпляры груши обыкновенной и лоха узколистного. Очевидно, что при периодическом проведении санитарных и омолаживающих рубок жизнь таких насаждений можно продлить на многие десятилетия.

Заключение. Таким образом, создание «дубрав промышленного значения» на зональных разностях почв сухой степи и полупустыни европейской части России, хотя и не решило проблему существенного улучшения обеспеченности малолесных областей древесиной твердолиственных пород, имеет в целом положительное хозяйственное, социальное, экологическое и познавательное значение. Даже в наиболее жестких условиях произрастания культуры дуба несколько десятилетий служат легко доступным источником мелких, средних сортиментов и дров для удовлетворения хозяйственных нужд местного населения. Они являются желанным местом отдыха и проведения досуга людей, резерватами охотничьей фауны, аборигенных растений, украшением однообразного ландшафта критически распаханых степей. Благотворное влияние дубрав только на социальную сферу многократно превышает затраты на создание и содержание насаждений, стоимость «недобора» сельскохозяйственной продукции с занятой ими территории.

Очевидно также их защитное и оздоравливающее воздействие на окружающие агроландшафты, атмосферный воздух, дорожную инфраструктуру. Анализ образцов почвы свидетельствует о том, что в насаждениях дуба, за счет агротехнических мероприятий, снегозадержания, произошло увеличение мощности слоя регулярного промачивания атмосферными осадками, дополнительное выщелачивание легко растворимых солей, и, следовательно, как минимум улучшение его химических свойств. Процесс почвоулучшения в лесных культурах на территории острозасушливых регионов заслуживает специального изучения.

Результаты лесоводческих исследований в насаждениях «дубрав промышленного значения» однозначно подтверждают вывод о том, что в условиях сухой степи и полупустыни вырастить долговечные устойчивые насаждения дуба без тщательного подбора площадей, предпосадочной обработки почвы, применения специальной системы лесокультурных, агротехнических и лесоводственных приемов не представляется возможным.

Широкие междурядья и длительные агротехнические уходы способствуют формированию крупных деревьев с раскидистой кроной, менее устойчивых к резкому ухудшению водного режима. После прекращения обработки почва в них быстро зарастает степными травами или кустарником, а древостой прекращает рост и постепенно распадается. На интразональных («темноцветных») почвах понижений повышенную долговечность имеют смешанные по древесному типу насаждения дуба с исходным преобладанием его в составе и шириной междурядий не более 3 м, где влагообеспеченность главной породы можно регулировать частичной вырубкой деревьев сопутствующей породы. Использование кустарников при создании таких насаждений не желательно из-за их высокой конкурентоспособности за влагу. Но более устойчивыми, по-видимому, будут здесь чистые древостои с 2–3-метровыми междурядьями, после смыкания крон обеспеченные своевременными прочистками и прореживаниями, не разрушающими лесную среду. На зональных комплексных почвах злаково-полынных степей кулисные и массивные мелиоративные лесонасаждения следует создавать из крупных и средних кустарников с небольшой примесью ксерофитных пород дикоплодных деревьев, имеющих в этих условиях повышенное функциональное долголетие и способность возобновляться семенным и вегетативным путем [6, 7].

Список литературы

1. Годнев, Е.Д. Из опыта создания дубрав в сухих степях Волгоградской области / Е.Д. Годнев, А.Г. Грачев, С.Н. Никитин, В.Ф. Прокофьев // Лесное хозяйство. – 1969. – № 4. – С. 34-42.
2. Годнев, Е.Д. Рубки ухода в дубовых насаждениях сухостепной зоны / Е.Д. Годнев // Лесное хозяйство. – 1978. – № 8. – С. 28-34.
3. Годнев, Е.Д. О возможности создания дубравных массивов в сухих степях / Е.Д. Годнев // Лесное хозяйство. – 1983. – № 8. – С. 38-39.
4. Маттис, Г.Я. Лесоразведение в засушливых условиях / Г.Я. Маттис, С.Н. Крючков. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2003. – 292 с.
5. Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения / Под ред. В.Н. Сукачева, С.В. Зона // Т. II: Работы 1950 г. – Вып. 8. Природные условия территории создания дубрав промышленного значения. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 288 с.
6. Манаенков, А.С. Особенности инвентаризации и лесохозяйственного обслуживания защитных лесных насаждений в новых экономических условиях / А.С. Манаенков // Лесное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 25-26.
7. Манаенков, А.С. Повышение долговечности ЗЛН на зональных почвах степей европейской России / А.С. Манаенков, М.В. Костин // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – СПб., 2011. – Вып. 1 (24). – Ч. 2. – С. 67-73.

Статья поступила в редакцию 21.03.12.

A. S. Manaenkov, M. V. Kostin, V. A. Shkurinsky

PRESENT-DAY CONDITION OF INDUSTRIAL OAK WOOD AND POSSIBILITY OF RAISING IT IN COMPLEX SOILS OF DRY STEPPE AND SEMI-DESERT ZONE

Assessment of growth and present-day condition of «industrial oak-wood» plantations in dry steppe and semi-desert zones depending on soil and climate and silvicultural factors is given. Conclusions of economic, ecological and cognitive importance of oak woods are made. Ways of improvement of life extension of oak wood and its meliorative efficiency are offered.

Key words: dry steppe and semi-desert zone, industrial oak-wood, growth, state, importance, improvement of life extension.

МАНАЕНКОВ Александр Сергеевич – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом борьбы с деградацией агроландшафтов ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации» РАСХН (Россия, Волгоград). Область научных интересов – защитное лесоразведение, лесные культуры, рациональное природопользование, борьба с деградацией земель. Автор более 100 публикаций.

E-mail: manaenkov1@ya.ru

КОСТИН Максим Валериевич – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела борьбы с деградацией агроландшафтов ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации» РАСХН (Россия, Волгоград). Область научных интересов – изучение ростовых процессов в степных древостоях, депонирование углерода лесными экосистемами. Автор 14 публикаций.

E-mail: mwkostin@yandex.ru

ШКУРИНСКИЙ Вячеслав Александрович – аспирант отдела борьбы с деградацией агроландшафтов ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации» РАСХН (Россия, Волгоград). Область научных интересов – повышение долговечности массивных насаждений дуба в степной зоне.

E-mail: sshkurinskiy@gmail.com

УДК 630. 182 (470.62)

В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов

РУКОТВОРНЫЙ СТЕПНОЙ ЛЕС «НОВОПОКРОВСКИЙ»: СОСТАВ, СОСТОЯНИЕ

Проведены исследования существующих культур Новопокровского лесного массива в условиях степной зоны Краснодарского края. На основе анализа таксационных материалов и оценки жизненного состояния древостоев на пробных площадях выявлены эталонные лесонасаждения. Сделаны выводы о перспективности породного состава для реконструктивных работ.

Ключевые слова: Новопокровский лесной массив, дендрофлора, видоэдификатор, тип световой структуры древостоя, жизненное состояние древостоя, эталонные лесонасаждения.

Введение. В степной зоне Краснодарского края лесоводами созданы уникальные лесные насаждения Новопокровского лесного массива. Уникальность этих лесонасаждений определяется результатом многолетних опытов по созданию устойчивых культур и поиску вариантов оптимального использования лесных площадей.

Начало массивному лесоразведению на Кубани было положено в 1903 – 1905 гг., когда Кубанским казачьим войском были выделены земли для организации первых степных лесничеств. Самые первые упоминания о лесорастительных условиях лесничества и особенностях начальных стадий формирования созданных в нем молодых культур можно найти в трудах выдающегося деятеля лесной науки Н. Н. Степанова [1–3]. По сообщениям Ф. С. Барышмана [4], Новопокровское лесничество существует с 1904 года. Причем в первый же период лесоразведения здесь практиковались различные посадки по древесно-теневому типу смешения из дуба, ясеня и береста. С 1910 по 1917 гг. культуры создавались по смешанному и древесно-кустарниковому типу с введением таких кустарников, как акация желтая, свидина кроваво-красная, клен татарский и др. В это время были созданы значительные площади плантаций скумпии кожевенной. В 1933 году вновь перешли на создание леса из одних древесных пород, но не сплошными кварталами, а полосами шириной 20–50 м. После 1948 года культуры создавались по древесно-кустарниковому типу, в котором главными породами являются дуб черешчатый, ясени обыкновенный и ланцетный, робиния лжеакация и гледичия обыкновенная. Кроме того, в культуру был введен орех черный, который прижился и показал хороший рост. В 50–60 гг. прошлого века появились публикации [4–8], посвященные истории, опыту и особенностям степного лесоразведения на Кубани, где также рассматриваются насаждения Новопокровского леса.

На современном этапе проводятся исследования, связанные с изучением роста и продуктивности лесных культурценозов некоторых древесных пород в степной зоне Краснодарского края [9–11]. Исследован дендрологический состав [12] и фитоценотическая структура [13] искусственных лесных массивов степной зоны Краснодарского края. Однако за последние 40–50 лет в литературных источниках отсутствуют сведения относительно современного состояния и роста культур Новопокровского леса. Нами

было проведено исследование существующих лесных культур основных лесообразующих пород Новопокровского лесного массива с целью выявления древостоев наиболее ценных в научно-практическом отношении.

Материалы и методика. Лесной массив «Новопокровский» с общей площадью 1715,0 га, полностью расположен на отрогах Ставропольской возвышенности. Данная местность характеризуется засушливым умеренно-континентальным климатом со среднегодовым количеством осадков 400–500 мм и повышенной обеспеченностью теплом ($KY=0,25-0,3$). В почвенном покрове территории преобладает чернозем обыкновенный (85,6 %) средне- и легкосуглинистого гранулометрического состава на лессовидных глинах [14]. По геоботаническому районированию Северного Кавказа [15] эта территория относится к Западно - Предкавказскому округу Степной Северо-Кавказской подпровинции, Восточно-Европейской провинции, входящей в Область Евразийских степей.

Исследование лесонасаждений проводилось в два этапа. В период, предшествующий полевым работам, были проанализированы таксационные описания существующих культур. По лесоустроительным материалам 2005 года выявлялось распределение площадей и запасов основных лесообразующих пород по возрастным группам (0–20, 20–40, 40–60, 60–80, более 80 лет) с учетом полноты и класса бонитета. Полевые работы включали геоботаническое обследование объектов в натуре с целью выявления древостоев наиболее типичных фитоценологических структур, а также необходимого количества пробных площадей для их изучения. Размеры пробных площадей устанавливались произвольно с таким расчетом, чтобы охватить 100–150 деревьев главной породы. На каждой пробе проводился сплошной пересчет деревьев по односантиметровым ступеням толщины и одновременное отнесение каждого из них к определенной категории жизненного состояния. Описание подроста, подлеска и живого напочвенного покрова осуществлялось непосредственно на пробных площадях методом визуальной глазомерной оценки. Основные таксационные показатели насаждений и средневзвешенные индексы жизнестойкости древостоев определялись по общепринятым методикам [16, 17] в процессе камеральной обработки полученных данных. Описание фитоценологической структуры лесных культур ценозов составлялось на основе типологической формулы А. Л. Бельгарда [18].

Результаты и обсуждение

Дендрологическая структура. В настоящее время видовой состав дендрофлоры Новопокровского лесного массива представлен 116 таксонами, которые включают 32 вида деревьев и 19 видов кустарников, относящихся к 2 отделам, 2 классам, 4 подклассам, 2 трибам, 22 семействам, 2 подсемействам, 28 родам и 2 подродам (табл. 1). При этом отмечено преобладание видов из семейств Ивовые (6), Розоцветные (6), Кленовые (5) и Маслиновые (4). Одним видом представлены семейства Конско-каштановые, Бересклетовые, Жимолостные, Калиновые и Бузиновые. Дендрофлора лесного массива отличается довольно широким географическим представительством: здесь произрастает 25 видов европейской, 8 видов азиатской, 11 видов евроазиатской флоры и 8 видов из Северной Америки.

Основными видами-эдификаторами, образующими лесопокрытую площадь, являются дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus exelsior* L.), ясень ланцетный (*Fraxinus lanceolata* Borsh.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), орех черный (*Juglans nigra* L.). Незначительную долю составляют культуры вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.), гледичии обыкновенной (*Gleditsia triacanthos* L.), конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.), ореха грецкого (*Juglans regia* L.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и др.

Таблица 1

**Видовой состав и географическое представительство
дендрофлоры Новопокровского лесного массива**

Название вида	Естественный ареал
Сосновые (<i>Pinaceae</i>)	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Европа и Азия
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	Европа
Вязовые (<i>Ulmaceae</i>)	
<i>Ulmus carpinifolia</i> Rupr. ex. Suchov.	Европа и Азия
<i>U. laevis</i> Pall.	Европ. часть России
<i>U. pumila</i> L.	Вост. Сиб. и Дальн. Вост.
Шелковичные (<i>Moraceae</i>)	
<i>Maclura pomifer</i> (Raf.) C. k. Schneid	Северная Америка
Буковые (<i>Fagaceae</i>)	
<i>Quercus robur</i> L.	Европа
<i>Q. hartwissiana</i> Stev.	Западный Кавказ
Ореховые (<i>Juglandaceae</i>)	
<i>Juglans regia</i> L.	Средняя Азия
<i>J. nigra</i> L.	Северная Америка
Ивовые (<i>Salicaceae</i>)	
<i>Populus nigra</i> L.	Европа, Средняя Азия,
<i>P. italica</i> (Du Roi) Moench.	Малая Азия
<i>Salix alba</i> L.	Европа, Зап. Сиб.
Липовые (<i>Tiliaceae</i>)	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Европа
<i>T. begoniifolia</i> Stev.	Кавказ
Гортензиевые (<i>Hydrangeaceae</i>)	
<i>Philadelphus caucasicus</i> Koehne.	Кавказ
Крыжовниковые (<i>Grossulariaceae</i>)	
<i>Ribes aureum</i> Pursh.	Северная Америка
Розоцветные (<i>Rosaceae</i>)	
<i>Rosa canina</i> L.	Европ. часть России
<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Европ. часть России, Кавказ
<i>Prunus cerasifera</i> Erch.	Европа и Азия
<i>Padellus mahaed</i> (L.) Vass.	Европа
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Средняя Азия
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Европ. часть России, Кавказ
<i>Pagrus avium</i> Mill.	Европа, Зап. Сиб.
<i>Crataegus monoguma</i> Jacq.	Европ. часть России, Крым, Кавказ
Цезальпиновые (<i>Caesalpinaceae</i>)	
<i>Gleditsia triachanthos</i> L.	Северная Америка
Бобовые (<i>Fabaceae</i>)	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Северная Америка
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	Северная Америка
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	Азия
Кленовые (<i>Aceraceae</i>)	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Зап. Украина, Кавказ
<i>A. tataricum</i> L.	Европ. часть России
<i>A. negundo</i> L.	Северная Америка
<i>A. platanoides</i> L.	Европа
<i>A. compestre</i> L.	Европ. часть России
Конско-каштановые (<i>Hippocastanaceae</i>)	
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Греция, Болгария

Окончание таблицы 1

Название вида	Естественный ареал
Кизилловые (<i>Cornaceae</i>)	
<i>Cornus mas</i> L.	Европ. часть России
<i>Swida sanguinea</i> (L.) Opiz.	Европа
Бересклетовые (<i>Celastraceae</i>)	
<i>Euonymus verrucosus</i> Scop.	Европа
Лоховые (<i>Elagnaceae</i>)	
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	Европа и Азия
<i>Elagnus angustifolia</i> L.	Европа и Азия
Маслиновые (<i>Oleaceae</i>)	
<i>Fraxinus exelsior</i> L.	Европа
<i>F. lanceolata</i> Borsh.	Северная Америка
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Европа
<i>Syringa vulgaris</i> L.	Средняя Азия, Балканы
Жимолостные (<i>Caprifoliaceae</i>)	
<i>Lonicera tatarica</i> L.	Средняя Азия
Калиновые (<i>Viburnaceae</i>)	
<i>Viburnum opulus</i> L.	Европа
Бузиновые (<i>Sumbucaceae</i>)	
<i>Sumbucus nigra</i> L.	Европа
Анакардиевые (<i>Anacardiaceae</i>)	
<i>Cotinus coggugria</i> Scop.	Европа и Азия
Эвкоммиевые (<i>Eucommiaceae</i>)	
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	Азия

Особый интерес представляют культуры таких экзотов, как маклюра яблоконосная (*Maclura pomifera* (Raf.) C. k. Schneid) и эвкоммия вязолистная (*Eucommia ulmoides* Oliv.), заложенные в 70-х годах прошлого века в качестве плантаций для получения ценного натурального сырья (гуттаперчи). Хорошо сохранились плантации маклюры. Культуры эвкоммии находятся в угнетенном состоянии.

Анализ таксационных материалов. В лесопокрытой площади искусственного лесного массива «Новопокровский», которая составляет 1460,0 га, преобладают чистые и смешанные культуры дуба черешчатого (29,5 %), ясеня обыкновенного (19,7 %), ясеня ланцетного (18,7 %), робинии лжеакалии (11,5 %). Значительно меньшей долей представлены древостои дуба Гартвиса (4,9 %), ореха черного (3,64 %), гледичии обыкновенной (2,19 %) и других пород. Распределение древостоев по группам возраста следующее: молодняки – 17,9, средневозрастные – 54,6, приспевающие – 6,9, спелые – 6,6, перестойные – 10,7 %.

Анализ таксационных материалов показал, что насаждения в сухих условиях произрастания (СХДЧ) значительно превосходят по площади древостои в свежих условиях (СВДЧ).

Сухие условия произрастания (СХДЧ). Здесь отмечается присутствие всех возрастных периодов для культур дуба черешчатого и ясеня ланцетного. При этом на дубовые древостои приходится наибольшая часть от общей площади и запаса насаждений сухих условий произрастания (283,3 га и 3257 м³ соответственно). Полнота древостоев дуба черешчатого варьирует в пределах 0,3 – 1,0 с преобладанием насаждений 60–80-летнего возрастного периода 2, 3 и 4 классов бонитета с полнотой 0,4–0,8. На долю этих древостоев также приходится и большая часть запаса насаждений дуба черешчатого (2216 м³) [19]. Для культур ясеня ланцетного наблюдается тенденция к снижению площади (18 га) культур 1а и 1 классов бонитета и увеличение площади насаждений 3 класса бо-

нитета (62,7 га) к возрасту 60–80 лет. При этом наибольший запас содержится в древостоях 40–60 (453 м³) и 60–80-летнего (297 м³) возрастных периодов. В возрасте 40–60 лет запас формируют древостои 1а, 1, 2 и 3 классов бонитета, а в 60–80 лет – 3-го и 4. Полнота древостоев ясеня ланцетного колеблется от 0,4 до 1,0.

Культуры ясеня обыкновенного и робинии лжеакалии созданы на меньших площадях (всего 63,2 га), поэтому подобной закономерности для них не обнаружено. Большая часть запаса культур ясеня обыкновенного, равного 741 м³, приходится на 20–40-летние древостои 1а, 1 и 2 классов бонитета (387 м³) и 60–80-летние насаждения 2 и 3 классов бонитета (345 м³), полнота которых составляет 0,9 – 1,0. Запас древостоев робинии лжеакалии в сухих условиях произрастания характеризуется ничтожно малой долей (29 м³). Это молодняки до 20-тилетнего возраста 1 и 3 классов бонитета и 40–60-летние древостои 3 и 4 бонитета с полнотами 0,5; 0,7 и 1,0.

Свежие условия произрастания (СВДЧ). Основная доля древостоев из дуба черешчатого в свежих условиях представлена культурами 60–80-летнего возрастного периода 2 и 3 классов бонитета и составляет 54,4 га с запасом 860 м³. Полнота этих древостоев изменяется в пределах 0,4–1,0. В культурах ясеня обыкновенного наивысший объем запаса (89 м³) отмечен в 60–80-летних насаждениях 1 и 2 классов бонитета. Молодняки представлены незначительной площадью (5 га) древостоев 1а и 1б классов бонитета. Полнота в культурах ясеня обыкновенного изменяется в пределах 0,4–1,0.

В свежих условиях местопроизрастания наблюдается присутствие всех возрастных групп древостоев из ясеня ланцетного и робинии лжеакалии. До 40-летнего возраста это – насаждения 1а, 1б и 1 классов бонитета. В дальнейшем, при увеличении возраста бонитет снижается до 3 и 4 класса. Динамика запаса в культурах ясеня ланцетного с учетом бонитета представлена в следующем ряду: 20–40 лет – 1а (260 м³); 40–60 лет – 1–2 (236 м³); 60–80 лет – 2 бонитет (76 м³). Полнота древостоев ясеня ланцетного варьирует от 0,7 до 1,0. Распределение культур робинии лжеакалии по площади и запасу в свежих условиях произрастания характеризуется подавляющим преобладанием древостоев 20–40-летнего возрастного периода 1а класса бонитета с полнотой 0,7 (233,3 га с запасом 2495,8 м³).

Форма (ярусность) древостоев. Среди лесных культурценозов, сформированных основными видами-эдификаторами, доминируют древостои простой одноярусной формы, чистые и смешанные по породному составу (табл. 2: ПП 17, 18, 21, 24, 25, 26). В некоторых разновозрастных, но смешанных по составу насаждениях, достигших возраста 80–90 лет, отмечена дифференциация по высоте отдельных видов деревьев, составляющих древостои и образование двух и даже трехъярусных форм (ПП 16, 27). Новопокровский лесной массив характеризуется наличием дубовых древостоев со вторым ярусом из ясеня ланцетного (ПП 27). Иногда встречаются чистые и разновозрастные древостои ясеня обыкновенного двухъярусной формы.

Световая структура древостоев. Световая структура находится в зависимости от морфологических особенностей вида-эдификатора, полноты, породного состава древостоя и схемы размещения посадочных мест, применяемой при создании тех или иных культур. В исследованных лесных массивах были выделены полуосветленный, полутеневой и теневой типы световых структур древостоев. Насаждения каждого типа световой структуры независимо от породного состава древостоев характеризуются схожестью таксационных показателей.

Полуосветленная структура древостоев сформировалась в однопородных насаждениях, образованных полуажурнокронными древесными породами: орехом черным, робинией лжеакацией, ясенями обыкновенным и ланцетным. Как правило, это древостои

с полнотой 0,8–1,0, которые отличаются хорошим жизненным состоянием и достаточно высокими показателями продуктивности Ia–II классов бонитета с запасом 120–300 м³/га в зависимости от возраста насаждений и условий местопроизрастания (табл. 2: ПП 18, 24).

Таблица 2

**Структурные показатели наиболее типичных культурценозов
Новопокровского лесного массива**

№ пробы	Типологическая формула насаждения (по А.Л. Бельгарду, 1971)	Элемент леса	Показатели			M, м ³ /га
			d _{ср}	g _{ср}	h _{ср}	
Полуосветленная структура						
Робиния лжеакация						
18	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_2}{n/осв. - II} 10Рл$	Рл	17,3	0,0235	19	311,29
Ясень ланцетный						
24	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_1}{n/осв. - II} 10Ял$	Ял	17,5	0,0241	15	124,99
Полутеневая структура						
Орех чёрный						
21	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_1}{n/тен. - II} 8Орч2Кшк$	Орч	24,7	0,0481	17	130,84
		Кшк	20,9	0,0346	12	31,8
Липа кавказская						
25	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_{1-2}}{n/тен. - II} 10Лпк$	Лпк	21,4	0,0360	15	384,72
Теневая структура						
Дуб черешчатый						
17	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_{1-2}}{тен. - II} 10Дч$	Дч	19,5	0,0239	13	253,92
26	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_1}{тен. - III} 10Дч$	Дч	23,1	0,0419	16	189,16
16	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_2}{тен. - III} 8Дч2Яо$	Дч	28,9	0,0656	22	126,09
		Яо	26,2	0,0539	22	198,65
Дуб Гартвиса						
27	$\frac{ОЧ_{МГ}СГ_2}{тен. - III} 7Дг3Ял$	Дг	37,7	0,1116	20	218,28
		Ял	17,8	0,0249	17	44,4

Примечание: ОЧ – область чернозема обыкновенного; СЛГ – почвенная подзона слабогумусного чернозема; МГ – почвенная подзона малогумусного чернозема; СГ₁ – суглинки суховатые; СГ₁₋₂ – суглинки свежесовые; СГ₂ – суглинки свежие; световая структура древостоя: *n/осв.* – полуосветленная, *n/тен.* – полутеневая, *тен.* – теневая; возрастные периоды: II – средневозрастной древостой, III – стадия изреживания (старовозрастной древостой); Дч – дуб черешчатый, Дг – дуб Гартвиса, Яо – ясень обыкновенный, Ял – ясень ланцетный, Рл – робиния лжеакация, Орч – орех черный, Кшк – конский каштан обыкновенный, Лпк – липа кавказская.

Полутеневая структура характерна для смешанных насаждений с преобладанием полуажурнокронных пород, в составе которых присутствуют плотнокронные виды (каштан конский, клен полевой, вяз шершавый). Продуктивность культурценозов такого типа структуры с полнотой 0,7–0,8 изменяется от 130 до 350 м³/га, а класс бонитета от I до III (ПП 21, 25).

Фитоценозы теневой структуры образованы чистыми и смешанными по составу дубовыми древостоями. Наиболее устойчивые и высокопродуктивные культурценозы I-го класса бонитета, как правило, приурочены к свежему типу условий местопроизрастания. Максимального запаса 250–260 м³/га достигают дубовые древостои в возрасте 60–90 лет (ПП 16, 17, 27). Полнота древостоев варьирует в пределах 0,8–0,9.

Подрост. Лесохозяйственной практикой признано неэффективным естественное возобновление в степных лесах региона. С точки зрения экологических сукцессионных процессов, развивающихся в искусственных лесных биоценозах, благонадёжный подрост может возникнуть при благоприятных условиях. Как правило, в большинстве случаев независимо от породного состава древостоев, почв и световой структуры насаждений подрост не отличается хорошим качеством (табл. 3: ПП 18, 21). Основной причиной этому, по нашему мнению, следует считать сухость условий местопроизрастания, а также процессы задернения почвы под пологом насаждений полуосветленных структур [20]. Благонадёжный подрост ясеня ланцетного и клена остролистного присутствует лишь в насаждениях старшего возраста с теневой структурой, находящихся на стадии изреживания (ПП 16).

Существенное влияние на развитие подростка оказывает подлесок насаждений.

Таблица 3

Характеристика подростка и подлеска в массивных лесных культурценозах Новопокровского леса

№ пробы	Подрост (вид; возраст, лет; высота, м; качество)	Подлесок		
		Породы	Высота, м	Густота
18	Рл, Ял; 7; 6; неблагонадёжный	Бзн, Кля, Аж	1,0 – 2,0	Густой
24	Отсутствует	Свд, Бзн, Кля, Бяр, Бю	1,0 – 2,0	Средний
21	Ял; 6; 5; неблагонадёжный	Свд, Ску, Бзн, Клт	1,0 – 2,0	Средний
25	Отсутствует	Свд, Бзн, Кля, Бяр, Бю	1,0 – 2,0	Средний
17	Отсутствует	Свд, Клт, Бзн, Вшн	1,0 – 2,0	Средний
26	Отсутствует	Клт, Свд, Бю, Бяр, Ол, Вш, Ску	0,5 – 1,0	Редкий
16	Клб, Клп, Яо, Ял; 8; 7; благонадёжный	Свд, Клп, Бяр, Бзн	2,0 – 4,0	Средний
27	Отсутствует	Свд, Кзл, Клп, Аж, Брк	1,0 – 2,0	Средний

Примечание: Ял – ясень ланцетный, Яо – ясень обыкновенный, Рл – робиния лжеакация, Вш – вяз шершавый, Клп – клён полевой, Клб – клён белый, Кля – клён ясенелистный; Клт – клён татарский, Аж – акация жёлтая, Бзн – бузина чёрная, Брк – бересклет бородавчатый, Бяр – боярышник однопестичный, Бю – бирючина обыкновенная, Свд – свидина кроваво-красная, Ску – скумпия кожевенная, Кзл – кизил обыкновенный; Вшн – вишня; Ол – ольха.

Подлесок. Подлесок насаждений образуют наиболее распространенные кустарники: скумпия кожевенная (*Cotinus coggygria* Scop.), клён татарский (*Acer tataricum* L.), свидина кроваво-красная (*Swida sanguinea* (L.) Opiz.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.), акация желтая (*Caragana arborescens* L.), которые вводились изначально при создании насаждений [21]. Иногда в подлеске можно встретить самосев (высотой до 1 м) следующих древесных видов: дуб черешчатый, ясень ланцетный, робиния лжеакация, вяз шершавый, вяз гладкий, груша лесная, клён полевой, клён ясенелистный. Большая площадь порослевых насаждений в лесном массиве способствует активному расселению орнитофауны, что способствует заносу видов типичных

для степных сообществ: боярышника однопестичного (*Crataegus monogyna*), розы собачьей (*Rosa canina* L.), терна (*Prunus divaricata* Ledeb.). При повышении влажности в понижениях рельефа могут появиться кустарники, характерные для лесных сообществ: чубушник кавказский (*Philadelphus caucasicus* Koehne.), кизил обыкновенный (*Cornus mas* L.), ежевика сизая (*Rubus caesius* L.).

Жизненное состояние насаждений. Показатели жизненного состояния в насаждениях полусветленной структуры изменяются от 90 до 91,5 %. При этом наивысшие показатели отмечаются в 20–26-летних культурах. В насаждениях полутеневой структуры жизненное состояние колеблется от 62 до 93 % и максимум наблюдается в 50-летних культурах. Жизненное состояние дубовых древостоев теневой структуры изменяется от 66,8 до 90,2 %; при этом в приспевающих насаждениях показатели жизненного состояния выше, чем в средневозрастных (табл. 4).

Таблица 4

**Жизненное состояние древостоев наиболее типичных культур
Новопокровского лесного массива**

№ пробы	Породный состав	Элемент леса	Возраст, лет	Процентное соотношение деревьев по категориям состояния в составе древостоя					Общий показатель жизненного состояния древостоя, L (%)
				Здоровые	Ослабленные	Сильно ослабленные	Отмирающие	Сухостой	
18	10 Рл	Рл	25	84,7	6,8	0,6	2,5	3,7	90,0
24	10 Ял	Ял	20	86,5	6,7	0,6	2,5	3,7	91,5
21	8Орч2Кшк	Орч	50	30,0	---	1,7	1,7	3,5	93,8
		Кшк	50	19,2	50,0	19,2	---	11,5	62,0
	Древостой в целом			69,9	15,7	7,2	1,2	6,0	83,8
25	10 Лпк	Лпк	20	80,9	4,8	---	5,6	8,7	84,6
17	10 Дч	Дч	44	59,2	9,5	0,6	1,2	29,2	66,8
26	10 Днч	Днч	75	45,6	30,6	2,2	6,1	15,5	68,1
16	8Дч2Яо	Дч	68	88,7	---	---	---	10,3	88,8
		Яо	68	99,7	---	0,7	2,0	7,5	90,2
	Древостой в целом			89,4	---	0,5	1,4	8,7	89,7
27	7 Дг 3 Ял	Дг	84	82,0	7,3	---	3,3	7,3	87,4
		Ял	35	78,6	4,1	---	---	17,3	81,6
	Древостой в целом			80,6	6,0	---	2,0	11,4	84,9

В Новопокровском массиве эталонные участки леса в основном представлены спелыми и приспевающими насаждениями, которые создавались ручной посадкой по бороздам с последующим проведением тщательных уходных работ. Все они, как правило, приурочены к свежим условиям местопроизрастания. Результаты исследований показали, что наилучшими показателями жизненного состояния (80–90 %) отличаются древостои (70–100 лет) из дуба черешчатого и ясеня обыкновенного (табл. 4: ПП 16). Исключительными показателями обладают культуры дуба Гартвиса (*Q. hartwissiana* Stev.), созданные аналогичным способом (ПП 27). Это насаждение представлено высокорослым и прямоствольным 68-летним древостоем, напоминающим естественный лес. Средний диаметр дуба в данном древостое составляет 37 см; минимальный – 20 см; максимальный – 65 см; средняя высота древостоя – 20 м; запас – 250 м³/га. Надо отметить, что В. Г. Нетребенко и Ф. В. Казанов [6, 10] также указывают на более высокую устойчи-

вость и продуктивность дуба Гартвиса по сравнению с дубом черешчатым в культурценозах Кубанских степей. Натурные исследования молодых культур этих пород (ПП 17) показали, что механизированная посадка приводит к снижению показателей жизненного состояния, которое по методике В. И. Таранкова [17] оценивается как «поврежденный древостой».

В лесном массиве присутствуют сухостойные плантации ореха грецкого, вымерзшие в суровую зиму 2005 года. В то же время, североамериканский представитель одноименного семейства орех черный оказался одним из наиболее устойчивых видов в местных лесорастительных условиях и признан перспективной породой для степного лесоразведения на Кубани. Культуры робинии лжеакация хорошо приживаются и устойчивы на начальных стадиях своего развития, однако, достигнув возраста 30–40 лет, поражаются стволовой гнилью, образуя редкоствольный древостой, не обеспечивающий условий для развития фауны и микобиоты [22]. Участок насаждения робинии лжеакация, обследованный нами в Новопокровском лесу, расположенный на берегу водоема с близким залеганием грунтовых вод, является исключением из этого ряда и по своим показателям жизненного состояния, роста и продуктивности может быть отнесен к эталонам (ПП 18): средний диаметр – 17,3 см; высота – 19 м; запас – 311,29 м³/га.

К числу факторов, существенно ухудшивших состояние насаждений и снизивших их устойчивость в последние десятилетия, следует отнести отсутствие должного уровня ведения хозяйства в степных лесах региона в связи с экономическими сложностями и организационной реструктуризацией лесного хозяйства Российской Федерации.

Выводы

1. Видовой состав искусственного лесного массива включает 32 вида деревьев и 19 видов кустарников из европейской, азиатской, евро-азиатской и североамериканской флор. Основными видами-эдификаторами, образующими лесопокрывную площадь, являются дуб черешчатый, ясень обыкновенный, ясень ланцетный, робиния лжеакация и орех черный.

2. Анализ таксационных материалов показал, что насаждения в сухих условиях произрастания значительно превосходят по площади древостои в свежих условиях. Высшие 1а, 1б и 1 классы бонитета характерны для культур в возрасте до 40 лет; снижение бонитета до 3–4 класса отмечено по достижении 60-летнего возраста. Полнота древостоев изменяется от 0,3 до 1,0. По площади и запасу преобладают насаждения с полнотой 0,7 – 0,8.

3. Среди лесных культурценозов, сформированных видами-эдификаторами, доминируют древостои простой одноярусной формы. В древостоях старшего возраста (80–90 лет) смешанного породного состава отмечено образование 2-х и 3-х ярусных форм.

4. В исследованном лесном массиве были выделены полусветовой, полутеневой и теневой типы световых структур древостоев. Наибольшей устойчивостью и продуктивностью обладают древостои полутеневой и теневой структур.

5. Показатели жизненного состояния в насаждениях полуосветленной структуры изменяются от 90 до 91,5 %. При этом наивысшие показатели отмечаются в 20–26-летних культурах. В насаждениях полутеневой структуры жизненное состояние колеблется от 62 до 93 % и максимум наблюдается в 50-летних культурах. Жизненное состояние дубовых древостоев теневой структуры изменяется от 66,8 до 90,2 %; при этом в приспевающих насаждениях показатели жизненного состояния выше, чем в средневозрастных.

6. Подрост, подлесок и живой напочвенный покров зависят от световой структуры и породного состава древостоя. Развитие локальной орнитофауны приводит к повышению видового разнообразия этих структурных элементов.

Основной целью лесоразведения в степи является создание устойчивых защитных насаждений, поэтому следует признать необходимость целевого ведения хозяйства в существующих насаждениях, которое будет направлено на формирование устойчивых и долговечных лесных культурценозов. Для создания новых культур целесообразно использование древесных растений, накопивших в себе наибольший биологический потенциал за долговременный период произрастания в местных лесорастительных условиях. К ним относятся такие виды деревьев, как дуб черешчатый, дуб Гартвиса, ясень обыкновенный и ланцетный. Из кустарников можно рекомендовать: акацию желтую, жимолость татарскую, скумпию кожевенную, бересклет бородавчатый, клен татарский. Кроме того, не исключается возможность внедрения новых видов, прошедших испытание и признанных перспективными для степного лесоразведения в регионе (например, орех черный). Культуры робинии лжеакации и ореха грецкого в степной зоне должно выращивать плантационным способом до 30-тилетнего возраста. Лесные эталонные насаждения Новопокровского лесного массива необходимо перевести в статус памятников природы Краснодарского края и сохранить для будущих поколений.

Список литературы

1. Степанов, Н. Н. Краткий очерк лесорастительных условий Среднечелбасского степного лесничества / Н. Н. Степанов // Лесной журнал. – 1913. – Вып. 5. – С. 853-890.
2. Степанов, Н. Н. Минеральные вещества древесины важнейших деревьев и кустарников, разводимых в степных лесничествах / Н. Н. Степанов // Лесной журнал. – 1914. – Вып. 1-й. – С. 37-48.
3. Степанов, Н. Н. Степное лесоразведение / Н. Н. Степанов. – Краснодар: КГУ, Переизд. в 1997. – 113 с.
4. Барышман, Ф. С. Основы защитного лесоразведения на Кубани / Ф. С. Барышман. – Краснодар: Краснодар. книжн. изд-во, 1968. – 191 с.
5. Будянский, Е. Н. Географические культуры дуба летнего в Краснодарском крае / Е. Н. Будянский // Лесное хозяйство. – 1963. – № 3. – С. 62-63.
6. Казанов, Ф. В. Дуб Гартвиса в степном лесхозе / Ф. В. Казанов // Лесное хозяйство. – 1956. – № 8. – С. 82-83.
7. Казанов, Ф. В. Полезащитное лесоразведение на Кубани / Ф. В. Казанов, Ф. С. Барышман. – Краснодар: КГУ, 1950. – 115 с.
8. Кузнецов, П. 50 -тилетний опыт выращивания дубовых насаждений в степных лесничествах Краснодарского края / П. Кузнецов // Лесное хозяйство. – 1953. – № 3. – С. 74-77.
9. Шутяев, А. М. Значение межвидового и внутривидового разнообразия дуба при лесоразведении в степных условиях Краснодарского края / А. М. Шутяев, Р. С. Кобж // Проблемы деградации дубрав и современные методы ведения хозяйства в них: Матер. науч.-практ. семинара (28-30 марта 2007 г.). – Воронеж: ВГЛТА, 2007. – С. 328-331.
10. Нетребенко, В. Г. История, состояние и перспективы полезащитных ветроломов из дуба и ясеня в Краснодарском крае / В. Г. Нетребенко // Роль и место агролесомелиорации в современном обществе: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Всерос. научно-исследов. инс-та агролесомелиорации (10-13 октября 2007 г.). – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – С. 164-174.
11. Тюрин, С. В. Изменение диаметров стволов ореха чёрного в старых разнорядных полосах Западного Предкавказья / С. В. Тюрин // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: Матер. науч.-практ. конф. (23-26 сентября 2008 г.). – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – С. 70-71.
12. Засоба, В. В. Видовое разнообразие дендрофлоры искусственных лесных массивов степной зоны Краснодарского края / В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов // Вестник Тверского государственного университета. – 2008. – № 31(91). – С. 155-160.
13. Засоба, В. В. Фитоценозы искусственных лесных биоценозов степной зоны Краснодарского края / В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов // Экология та Ноосферология. – 2008. – Т. 19. – № 3-4. – С. 31-39.
14. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана: монография / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин и др. – Ростов-н/Д: СКНЦ ВШ, 1996. – 192 с.
15. Растительные ресурсы. Ч. 1 Леса / Под. ред. И. П. Коваль. – Ростов-н/Д.: Изд. Рост. ун-та, 1980. – 336 с.

16. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.
17. Таранков, В. И. Мониторинг лесных экосистем / В. И. Таранков. – Воронеж: ВГЛТА, 2006. – 300 с.
18. Бельгард, А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн. промышленность, 1971. – 336 с.
19. Данилов, Р. Ю. Структура, состояние, продуктивность культурценозов в лесных массивах Кубанских степей / Р. Ю. Данилов: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Астрахань: АГУ, 2010. – 25 с.
20. Засоба, В. В. Подрост и подрост в искусственных лесных массивах Краснодарского края / В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов // Лесные культуры и лесоразведение в степи: Матер. межрегион. конф., посвящённой памяти профессоров В. К. Попова, Р. И. Дерюжкина, И. В. Трещевского, В. Г. Шаталова (10 ноября 2008 г.). – Воронеж: ВГЛТА, 2008. – С. 9-12.
21. Засоба, В. В. Подпологовые компоненты искусственных лесных биоценозов степной зоны Краснодарского края / В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов // Вавиловские чтения, 2008: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Саратов. гос. агр. ун-та им. Н. И. Вавилова (26-27 ноября 2008 г.). – Саратов: ИЦ «Наука», 2008. – Ч. 1. – С. 242-243.
22. Засоба, В. В. Современное состояние биоты в лесных массивах степного Предкавказья / В. В. Засоба // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: Матер. науч.-практ. конф. (23-26 сентября 2008 г.). – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – С. 116-117.

Статья поступила в редакцию 04.05.12.

V. V. Zasoba, R. Yu. Danilov

NOVOPOKROV ARTIFICIAL STEPPE FOREST (STRUCTURE AND STATE)

Research results of the species in the Novopokrov forest area (steppe zone of the Krasnodar Territory) are given. Model plantations are revealed on the base of the analysis of taxation material and assessment of state of stands in the sampling area. Conclusions concerning the prospects of species composition for reconstruction works are made.

Key words: *Novopokrov forest area, dendroflora, edifier, a type of light structure of a stand, state of a stand, model plantations.*

ЗАСОБА Варвара Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций Новочеркасской государственной мелиоративной академии (Россия, Новочеркасск). Область научных интересов – степное лесоведение, биоразнообразие, лесные экосистемы. Автор более 150 публикаций.

E-mail: VZ_07@bk.ru

ДАНИЛОВ Роман Юрьевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга сельскохозяйственных культур Государственного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений» (ГНУ ВНИИБЗР) Российской академии сельскохозяйственных наук (Россия, Краснодар). Область научных интересов: степное лесоведение, фитомониторинг лесостепных экосистем. Автор 19 публикаций.

E-mail: daniloff.roman2011@yandex.ru

УДК 630*521.3

А. А. Байс

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРОВ НИЖНЕЙ ЧАСТИ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Предложены упрощённые регрессионные линейные уравнения, характеризующие соотношение диаметров стволов на высоте пня и на высоте груди. Регрессионные модели используются для перехода от перечёта деревьев по пням к перечёту деревьев по ступеням толщины на высоте груди при вычислении запасов насаждений сосны в различных районах Сибири.

Ключевые слова: диаметр, модель, *Pinus sylvestris* L., восстановленный запас.

Введение. Проблема незаконных рубок, необходимость восстановления срубленного запаса, вычисление объема крупного детрита приобретают в последние годы особую актуальность. В связи с этим изучение соотношения диаметров комлевой части стволов и диаметров на высоте груди имеет особую важность.

В вопросе соотношения диаметров комлевой части деревьев определяющее значение имела высота пня. Существующие нормативы применяют разные методические подходы. В одних таблицах диаметры измеряют у шейки корня [1], в других – на высоте 20–25 см от основания почвы [2], в третьих – высота пня принималась равной одной трети величины диаметра на высоте груди [3]. Указания по освидетельствованию мест рубок предусматривают штрафные санкции за завышение величины крупного детрита. Высота пней измеряется от поверхности почвы, а при обнаружении корней – от корневой шейки. Нарушением считается оставление пней высотой более одной трети диаметра среза, а при рубке деревьев тоньше 30 сантиметров – высотой более 10 сантиметров [4]. В. Ф. Кишенков, А. А. Соломников, А. А. Касацкий [5] установили, что у деревьев ели Брянской области высота пня практически не влияла на восстановленный запас – расхождение составило не более 1,5 %. При этом ель обыкновенная формирует поверхностную корневую систему.

Основой всех разработанных нормативов является линейная регрессия, что позволяет не только прогнозировать выходную переменную, но и получить оценку уравнения.

Целью данной работы является применение одинарных коэффициентов для перехода к диаметрам нижней части ствола. Для реализации этой цели были поставлены следующие **задачи**:

- вычислить линейные уравнения с одинарным коэффициентом для перехода к диаметрам основания деревьев (до 1,3 м);
- на основе регрессионного анализа выявить факторы, значимо влияющие на коэффициенты уравнения;
- оценить ошибки однокоэффициентных моделей.

В основу исследований были положены данные обмеров учетных моделей сосны, собранных по ступеням толщины из следующих муниципальных районов: Зиминского,

Эхирит-Булагатского районов Иркутской области; Заиграевского района Республики Бурятии; Тальменского района Алтайского края; Енисейского, Емельяновского муниципальных районов Красноярского края. Общее количество моделей – 2275 штук. На основании этих данных в пакете «Microsoft Excel» был выполнен расчет линейных уравнений с учетом прямой в точке 0, то есть коэффициент $a = 0$ уравнения $d_i = a + b \cdot d_j \Rightarrow d_i = b \cdot d_j$. Недостатком упрощенного метода является обратная зависимость коэффициента a от диаметра дерева, что при малых величинах толщины приводит к формированию незначительной ошибки:

$$d_{1,3} = a + b \cdot d_n \Rightarrow 1 = \frac{a}{d_{1,3}} + b \cdot \frac{d_n}{d_{1,3}}, \quad (1)$$

$$d_n = a + b \cdot d_{1,3} \Rightarrow 1 = \frac{a}{d_n} + b \cdot \frac{d_{1,3}}{d_n}. \quad (2)$$

Подробный анализ двухкоэффициентных линейных моделей приведен нами в статье [6]. По отдельным пробным площадям коэффициент a варьировал от -3,03 до 2,54. Величина систематической ошибки для ступени 8 см не превысит 0,4 см, а для 36 см – 0,1 см. Очевидно, что этой величиной можно пренебречь.

Преимуществом одного коэффициента является повышение адекватности модели и упрощенная биологическая интерпретация. На значение ошибки, как было доказано выше, коэффициент a не оказывает влияние. Достоверность уравнения при этом возрастает в значительной степени.

Таким образом, применение упрощенного линейного уравнения повышает достоверность и адекватность соотношения диаметров на высоте груди и на высоте пня.

Результаты и их обсуждение. С помощью регрессионного анализа были получены параметры линейных моделей для сосняков из различных районов (табл. 1).

Таблица 1

Параметры моделей $d_{1,3} = b \cdot d_n$ и $d_n = b \cdot d_{1,3}$

Район исследований	Параметры модели			
	$d_{1,3} = b \cdot d_n$		$d_n = b \cdot d_{1,3}$	
	b	R ²	b	R ²
Зиминский муниципальный	0,871	0,996	1,144	0,996
	0,856	0,995	1,162	0,995
	0,871	0,994	1,141	0,994
	0,844	0,993	1,176	0,993
Эхирит-Булагатский муниципальный	0,749	0,992	1,324	0,992
	0,899	0,998	1,110	0,998
	0,805	0,994	1,235	0,994
Енисейский муниципальный	0,831	0,996	1,195	0,996
	0,826	0,992	1,204	0,992
	0,810	0,998	1,225	0,998
	0,822	0,995	1,210	0,995
	0,818	0,997	1,215	0,997
	0,834	0,995	1,190	0,995
Тальменский муниципальный	0,738	0,975	1,349	0,975
	0,778	0,885	1,280	0,888
	0,792	0,834	1,260	0,834
	0,839	0,848	1,188	0,848

Окончание таблицы 1

Район исследований	Параметры модели			
	$d_{1,3} = b \cdot d_n$		$d_n = b \cdot d_{1,3}$	
	b	R ²	b	R ²
Емельяновский муниципальный (правый берег Енисея)	0,876	0,989	1,139	0,989
	0,867	0,982	1,151	0,982
	0,861	0,989	1,159	0,989
	0,812	0,965	1,226	0,965
	0,812	0,972	1,228	0,972
	0,890	0,990	1,122	0,990
	0,871	0,979	1,145	0,979
	0,873	0,994	1,144	0,994
Емельяновский муниципальный (левый берег Енисея)	0,876	0,989	1,139	0,989
	0,867	0,982	1,151	0,982
	0,861	0,989	1,159	0,989
	0,812	0,965	1,226	0,965
	0,812	0,972	1,228	0,972
	0,890	0,990	1,122	0,990
	0,871	0,979	1,145	0,979
	0,873	0,994	1,144	0,994
Заиграевский муниципальный	0,908	0,994	1,101	0,994
	0,865	0,995	1,156	0,995
	0,854	0,991	1,170	0,991
	0,869	0,993	1,150	0,992

Примечание: b – коэффициент линейного уравнения, определяющий угол наклона прямой линии; R² – показатель уровня детерминации модели.

Таблица 2

Лимиты коэффициента b для линейных моделей по районам исследований (сосна обыкновенная)

Район исследований	$d_{1,3} = b \cdot d_n$	$d_n = b \cdot d_{1,3}$
	b	b
Красноярский край (КК)	0,81-0,92	1,09-1,23
Иркутская область (ИО)	0,75-0,90	1,11-1,32
Алтайский край (АК)	0,74-0,84	1,19-1,35
Республика Бурятия (БР)	0,85-0,91	1,10-1,17

На основе данных табл. 2 были разработаны нормативы по определению диаметров стволов на высоте груди и на высоте пня по ступеням толщины (табл. 3).

Для вычисления коэффициента **b** можно рекомендовать использовать следующее уравнение:

$$b = 1,618 - 0,486 \cdot q_0 - 0,003 \cdot d_n, \quad (3)$$

$$(R = 0,875; m = 0,02; F_p > F_T; p_{a,b,c} < 0,05),$$

где **b** – коэффициент линейного уравнения $d_{1,3} = b \cdot d_n$; **q₀** – среднее значение нулевого коэффициента формы древесного ствола; **d_n** – средний диаметр на высоте пня, см.

С целью прикладного использования модели в древостое глазомерно подбирают дерево со средним диаметром на высоте груди и на высоте пня. Измеряют диаметры, вычисляют нулевой коэффициент формы и определяют значение коэффициента **b**. Алгоритм вычисления представлен в виде схемы (рис., с. 34).

Таблица 3

Нормативная таблица определения диаметров по ступеням толщины

Ступень толщины, см	Район исследований							
	КК		АК		БР		ИО	
	$d_{1,3}$	d_n	$d_{1,3}$	d_n	$d_{1,3}$	d_n	$d_{1,3}$	d_n
8	6,5-7,4	8,7-9,8	5,9-6,7	9,5-10,8	6,8-7,3	8,8-9,4	6,0-7,2	8,9-10,6
16	13,0-14,7	17,4-19,7	11,8-13,4	19,0-21,6	13,6-14,6	17,6-18,7	12,0-14,4	17,8-21,1
24	19,4-22,1	26,2-29,5	17,8-20,2	28,6-32,4	20,4-21,8	26,4-28,1	18,0-21,6	26,6-31,7
32	25,9-29,4	34,9-39,4	23,7-26,9	38,1-43,2	27,2-29,1	35,2-37,4	24,0-28,8	35,5-42,2
40	32,4-36,8	43,6-49,2	29,6-33,6	47,6-54,0	34,0-36,4	44,0-46,8	30,0-36,0	44,4-52,8
48	38,9-44,2	52,3-59,0	35,5-40,3	57,1-64,8	40,8-43,7	52,8-56,2	36,0-43,2	53,3-63,4
56	45,4-51,5	61,0-68,9	41,4-47,0	66,6-75,6	47,6-51,0	61,6-65,5	42,0-50,4	62,2-73,9
64	51,8-58,9	69,8-78,7	47,4-53,8	76,2-86,4	54,4-58,2	70,4-74,9	48,0-57,6	71,0-84,5
72	58,3-66,2	78,5-88,6	53,3-60,5	85,7-97,2	61,2-65,5	79,2-84,2	54,0-64,8	79,9-95,0
80	64,8-73,6	87,2-98,4	59,2-67,2	95,2-108,0	68,0-72,8	88,0-93,6	60,0-72,0	88,8-105,6
88	71,3-81,0	95,9-108,2	65,1-73,9	104,7-118,8	74,8-80,1	96,8-103,0	66,0-79,2	97,7-116,2
96	77,8-88,3	104,6-118,1	71,0-80,6	114,2-129,6	81,6-87,4	105,6-112,3	72,0-86,4	106,6-126,1

Примечание: Ступень толщины – это диаметр ствола на высоте пня или на высоте груди.

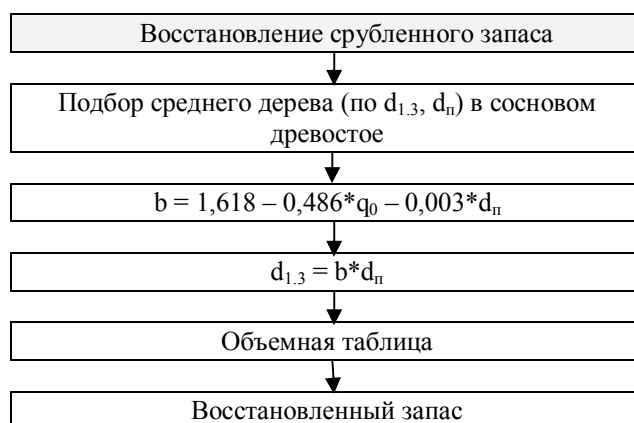


Схема этапов восстановления срубленного запаса

Выводы. Результаты исследований сводятся к следующему:

- использование линейного уравнения без свободного коэффициента позволяет повысить адекватность и достоверность модели. Незначительная величина систематической ошибки значительно проявляется только для тонкомерных деревьев и составляет не более 0,4 см;
- применение группировки коэффициентов позволило разделить их по административным районам: Красноярский край, Иркутская область, Алтайский край, Республика Бурятия;
- разработанные нормативы характеризуются гибкостью, поскольку в них указан диапазон значений выходной переменной (диаметров на высоте груди и диаметров на высоте пня) по ступеням толщины. Это позволяет детализировать данные по конкретным лесорастительным условиям;
- применительно к деревьям сосны в условиях Сибири получено линейное множественное уравнение вычисления коэффициента **b** для определения диаметров на высоте 1,3 м.

Список литературы

1. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР / Арханг. лесотехн. ун-т; отв. ред. В.В. Загребев. – Архангельск: Из-во Арханг. ин-та леса и лесохимии, 1986. – 357 с.
2. Третьяков, Н.В. Справочник таксатора / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.Г. Самойлович. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 852 с.
3. Марцинковский, Л.А. О зависимости между диаметрами деревьев лиственницы на высоте пня и на высоте груди / Л.А. Марцинковский // Лиственница: сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ. – 1964. – № 39. – С. 15-17.
4. Указания по освидетельствованию мест рубок, подсочки (осмолоподсочки), насаждений и заготовки второстепенных лесных материалов / Утв. пр. Госкомитета СССР по лесн. хоз-ву от 01.11.1983, № 130. – М., 1984. – 37 с.
5. Кишенков, Ф.В. Исследование сбежистости комлевой части стволов ели / Ф.В. Кишенков, А.А. Соломников, А.А. Касацкий. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2007/leskomp_2007/kishenkov_iss.htm (дата обращения: 17.11.2011).
6. Вайс, А.А. Нормативы для восстановления срубленных запасов сосновых древостоев (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Средней Сибири / А.А. Вайс // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 11. – С. 136-140.

Статья поступила в редакцию 19.12.11

A. A. Vais

A SIMPLE METHOD FOR DETERMINATION OF DIAMETERS OF LOWER PART OF THE SCOTCH PINE (*Pinus sylvestris* L.) TREES IN THE MIDDLE SIBERIA

Simple regression linear equations which characterize correlation of diameters of trunks at the height of a stump and a man-chest are offered. Regression models are used for transition from stump count to diameter class count at the height of a man-chest in calculation of a stand volume of pine wood in different parts of Siberia.

Key words: *diameter, model, Pinus sylvestris L., restored stock.*

ВАЙС Андрей Андреевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Сибирского государственного технологического университета (Россия, Красноярск). Область научных интересов – таксация растущих и срубленных деревьев, экология. Автор более 230 публикаций.
E-mail: vais6365@mail.ru

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 674.816.3.004.12

С. А. Угрюмов, А. А. Федотов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ФУРАНОВОЙ СМОЛЫ

Установлены рациональные условия производства древесных плит на основе фурановой смолы. Путем реализации В-плана второго порядка изучено комплексное влияние основных технологических факторов на физико-механические свойства древесно-стружечных плит, изготовленных с применением фуранового олигомера. Приведена матрица планирования эксперимента с выходными характеристиками, адекватные уравнения регрессии, основные графические зависимости.

Ключевые слова: В-план, эксперимент, управляемые факторы, уровни варьирования факторов, матрица планирования эксперимента, уравнения регрессии, адекватность, эффективность математической модели, рациональные условия производства плит.

Введение. Древесно-стружечные плиты в настоящее время широко применяются в строительстве, мебельной промышленности, авто-, вагоно-, контейнеростроении и иных сферах, однако их эксплуатационные свойства не всегда в полной мере удовлетворяют требованиям потребителей. Основная часть древесных плит, выпускаемых как российскими, так и зарубежными производителями, обладает недостаточной водостойкостью, что ограничивает их применение в условиях с переменными температурно-влажностными условиями, повышенной горючестью, недостаточными прочностными характеристиками.

Основная часть древесных плит выпускается с применением формальдегидосодержащих смол (карбамидоформальдегидных, фенолформальдегидных). В процессе изготовления и эксплуатации таких плит выделяется свободный, непрореагированный в процессе отверждения формальдегид, обладающий, прежде всего, канцерогенным действием. Несмотря на постоянное ужесточение норм к выделениям токсичных веществ из древесно-полимерных композиционных материалов, массово применяемые плиты в большинстве случаев не удовлетворяют требуемым экологическим параметрам.

Основным методом повышения эксплуатационных свойств древесно-полимерных композиционных материалов является применение для склеивания древесных частиц наполнителя клеев с повышенными адгезионными характеристиками и малой токсич-

ностью. В настоящее время в производстве древесных плит специального назначения (прочных, водостойких, малотоксичных) в мировой практике применяют меламина-формальдегидные смолы. В процессе их отверждения основная часть свободного формальдегида связывается, однако токсичные выделения имеют место быть.

Кардинальным способом повышения эксплуатационных характеристик плит является применение альтернативных клеев, не содержащих формальдегид, обладающих высокими адгезионными свойствами. Одним из таких представителей являются фурановые смолы [1]. Известно, что в отвержденном состоянии фурановые смолы обладают повышенной водостойкостью, хорошей химической стойкостью (выдерживают воздействие высококонцентрированных растворов большинства кислот и щелочей даже при высокой температуре), высокой теплостойкостью, механическими и диэлектрическими свойствами [2]. Незначительная пористость отвержденного полимера обеспечивает материалам непроницаемость для воды, а также нефтепродуктов и газов.

В данных олигомерах отсутствуют легколетучие токсичные компоненты; опасность интоксикации фурфуролом (основным компонентом данных смол) и его производными маловероятна вследствие низкой летучести этих продуктов при комнатной температуре; предельно допустимые концентрации используемых при синтезе веществ (фурфурола и ацетона) гораздо выше, ниже их класс опасности. Древесные плиты, изготовленные с применением фурановых смол, по экологическим показателям превосходят плиты, изготовленные с применением фенол- и формальдегидосодержащих смол [3]. В настоящее время фурановые связующие ограниченно используются преимущественно в строительстве для получения высокопрочных и стойких материалов, а также для модификации древесины, с целью улучшения био- и огнестойкости и других физико-механических показателей.

Представляет интерес оценка физико-механических свойств древесно-стружечных плит, изготовленных с использованием фурановых смол и определение рациональных технологических режимов их производства.

Цель работы – определение рациональных режимов производства древесно-стружечных плит на основе фурановой смолы (фурфуролацетонового мономера ФА) путем реализации В-плана второго порядка.

Решаемые задачи – выбор управляемых факторов и уровней их варьирования, построение матрицы планирования эксперимента, проверка однородности дисперсий, написание уравнений регрессии и проверка значимости коэффициентов, проверка адекватности и эффективности математических моделей, проведение оптимизации математических моделей.

Методика проведения экспериментальных исследований. При производстве лабораторных образцов древесно-стружечных плит на основе как лиственных, так и хвойных пород древесных частиц использовался клей на основе фурфуролацетонового мономера ФА и отвердителя (п-толуолсульфокислоты) в количестве 5 % от массы жидкой смолы. Изготовление плит проводилось в лабораторном прессе П100-400 при следующих постоянных факторах:

- толщина плиты – 16 мм;
- удельное давление прессования – 2 МПа;
- время выдержки под давлением – 0,5 мин на 1 мм толщины (6,5 мин для плиты, толщиной 16 мм);
- время плавного снижения давления – 1 мин.

Выбор управляемых факторов, построение плана экспериментальных исследований. Анализ результатов предварительно проведенных экспериментов показал,

что на физико-механические показатели плит, изготовленных на основе фурановой смолы, наиболее существенное влияние оказывают следующие факторы: температура плит пресса, расход связующего, плотность плит. Эти факторы в данном эксперименте приняты в качестве управляемых.

Уровни варьирования управляемых факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Управляемые факторы и уровни их варьирования

Наименование факторов	Обозначение		Интервал варьирования	Уровень варьирования		
	Натуральное	Нормализованное		Нижний (-1)	Основной (0)	Верхний (+1)
1. Температура прессования, °С	T	x_1	100	160	180	200
2. Расход связующего, %	$P_{св}$	x_2	4	8	12	16
3. Плотность плиты, кг/м ³	ρ	x_3	100	650	750	850

В качестве выходных величин приняты основные физико-механические показатели, характеризующие эксплуатационные характеристики плит: предел прочности при статическом изгибе, разбухание по толщине. Отбор образцов и проведение испытаний осуществлялись по действующим стандартным методикам.

Матрица планирования эксперимента с выходными величинами представлена в табл. 2. Выходные величины определены как средние значения, определенные по результатам пяти дублированных опытов.

Оценка полученных результатов на основе определения критерия Стьюдента показала, что в рассмотренных выборках грубых ошибок нет.

Проверка однородности дисперсий проводилась при следующих факторах: уровень значимости $q = 0,05$; число выборок $m=14$, число степеней свободы $f=n-1=4$.

Расчеты показали, что дисперсии всех опытов являются однородными.

В результате математической обработки данных [4] получены следующие уравнения регрессии:

- для плит на основе стружки лиственных пород:

а) выходная величина – предел прочности при изгибе:

$$Y_1 = 15,46 + 3,67x_1 + 4,13x_2 + 1,51x_3 - 0,55x_1^2 + 0,66x_1x_2 + 0,037x_1x_3 + 0,012x_2x_3;$$

б) выходная величина – разбухание по толщине:

$$Y_2 = 15,31 - 6,61x_1 - 8,19x_2 + 1,11x_3 + 2,89x_1^2 + 6,20x_2^2 + 1,19x_3^2 - 2,73x_1x_2 - 0,73x_1x_3;$$

- для плит на основе стружки хвойных пород:

а) выходная величина – предел прочности при изгибе:

$$Y_3 = 21,18 + 3,74x_1 + 4,76x_2 + 1,43x_3 - 0,57x_1^2 - 0,67x_2^2 + 0,23x_1x_3 - 0,50x_2x_3;$$

б) выходная величина – разбухание по толщине:

$$Y_4 = 11,72 - 5,0x_1 - 6,47x_2 + 1,07x_3 + 2,13x_1^2 + 4,88x_2^2 - 1,81x_1x_2.$$

После проверки математических моделей на адекватность и эффективность была проведена оптимизация полученных моделей с использованием пакета программ Microsoft Office Excel (поиск решения).

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Управляемые факторы						Выходные величины			
	В кодированном обозначении			В натуральном обозначении			Для плит на основе лиственных частиц		Для плит на основе хвойных частиц	
							Y ₁ - предел прочности при изгибе, МПа	Y ₂ - разбухание по толщине, %	Y ₃ - предел прочности при изгибе, МПа	Y ₄ - разбухание по толщине, %
	x ₁	x ₂	x ₃	T, °C	P _{св} , %	ρ, кг/м ³				
1	-1	-1	-1	160	8	650	5,9	35,8	9,9	28,1
2	+1	-1	-1	200	8	650	11,8	29,5	16,1	20,3
3	-1	+1	-1	160	16	650	12,8	24,9	19,6	17,4
4	+1	+1	-1	200	16	650	21,4	7,7	27,1	5,7
5	-1	-1	+1	160	8	850	8,8	39,5	12,1	28,2
6	+1	-1	+1	200	8	850	14,9	30,3	21,2	24
7	-1	+1	+1	160	16	850	15,8	28,6	21,8	21,6
8	+1	+1	+1	200	16	850	24,5	8,4	28,2	6,8
9	-1	0	0	160	12	750	11,2	24,8	16,5	19,6
10	+1	0	0	200	12	750	18,6	11,6	24,7	8,1
11	0	-1	0	180	8	750	11,1	29,7	15,4	24,4
12	0	+1	0	180	16	750	19,3	13,3	25,6	8,8
13	0	0	-1	180	12	650	13,8	15,4	18,9	11,2
14	0	0	+1	180	12	850	16,8	17,6	22,6	12,8

Целевые функции:

$$\sigma_{\text{и}} \rightarrow \max;$$

$$P_s \rightarrow \min.$$

Ограничения:

$$\begin{cases} 160 \leq t \leq 200 \text{ } ^\circ\text{C}; \\ 8 \leq P_{\text{св}} \leq 16 \text{ } \%; \\ 650 \leq \rho \leq 850 \text{ кг/м}^3. \end{cases}$$

В результате определены рациональные параметры производства древесно-стружечных плит:

- температура прессования – 180...200 °С;
- расход связующего – 12...16 % от массы абсолютно сухой стружки;
- плотность плит – 700...850 кг/м³.

При изготовлении плит при данных технологических условиях возможно получение материала с характеристиками, соответствующими ГОСТ 10632-07:

- для плит на основе стружки лиственных пород:

предел прочности при изгибе – 14,7...25,3 МПа;

разбухание по толщине – 15,0...8,4 %;

- для плит на основе стружки хвойных пород:

предел прочности при изгибе – 20,5...29,6 МПа;

разбухание по толщине – 11,2...6,5 %.

Для примера на рис. 1, 2 приведены некоторые графические зависимости влияния технологических факторов на свойства плит на основе хвойных пород древесины.

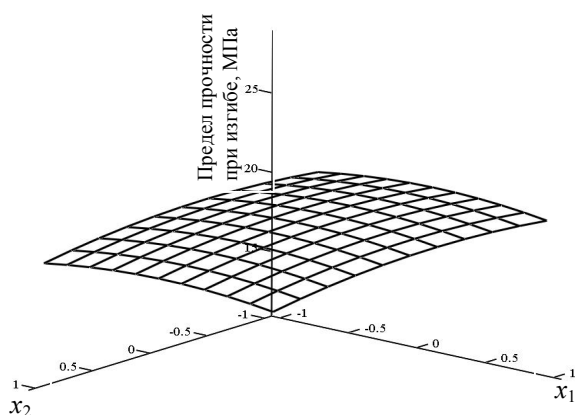


Рис. 1. Зависимость предела прочности плит на основе стружки хвойных пород при изгибе (Y_1) от температуры прессования (x_1) и количества связывающего (x_2)

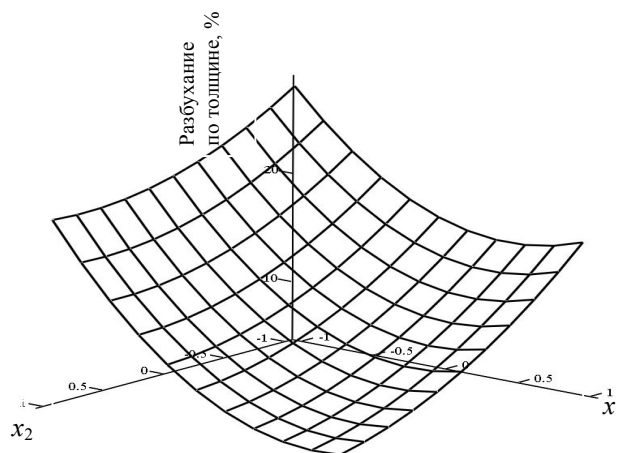


Рис. 2. Зависимость разбухания плит на основе стружки хвойных пород от температуры прессования (x_1) и количества связывающего (x_2)

После проверки математических моделей на адекватность и эффективность была проведена оптимизация полученных моделей с использованием пакета программ Microsoft Office Excel (поиск решения).

Целевые функции:

$$\sigma_{\text{и}} \rightarrow \max;$$

$$P_s \rightarrow \min.$$

Ограничения:

$$\begin{cases} 160 \leq t \leq 200 \text{ }^{\circ}\text{C}; \\ 8 \leq P_{\text{св}} \leq 16 \text{ } \%; \\ 650 \leq \rho \leq 850 \text{ кг/м}^3. \end{cases}$$

В результате определены рациональные параметры производства древесно-стружечных плит:

- температура прессования – 180...200 °С;
- расход связующего – 12...16 % от массы абсолютно сухой стружки;
- плотность плит – 700...850 кг/м³.

При изготовлении плит при данных технологических условиях возможно получение материала с характеристиками, соответствующими ГОСТ 10632-07:

- для плит на основе стружки лиственных пород:
предел прочности при изгибе – 14,7...25,3 МПа;
разбухание по толщине – 15,0...8,4 %;
- для плит на основе стружки хвойных пород:
предел прочности при изгибе – 20,5...29,6 МПа;
разбухание по толщине – 11,2...6,5 %.

Интерпретация результатов эксперимента. Анализ полученных регрессионных моделей и графических зависимостей показал, что на прочностные показатели плит на основе фурановой смолы в большей степени влияет количество связующего. Повышение расхода связующего приводит к лучшему распределению его по поверхности всех частиц и способствует формированию большего количества непрерывных клеевых связей. Значимое влияние на прочность оказывает температура прессования, с увеличением которой происходит более полное отверждение связующего. При увеличении плотности плит происходит более плотная упаковка древесных частиц между собой, практически без образования свободных пространств, ослабляющих структуру материала, то есть повышается «монолитность» материала и, следовательно, прочность.

На разбухание плит на основе фурановой смолы наибольшее влияние оказывает количество связующего, с увеличением которого происходит более полная изоляция древесных частиц от контакта с водой. Значимое влияние оказывает температура прессования, при увеличении которой повышается водостойкость клеевого шва за счет более полного отверждения связующего. При увеличении плотности плит значения разбухания несколько ухудшаются за счет большего уплотнения частиц и их релаксации при контакте с водой.

Выводы. На основании результатов реализации В-плана второго порядка найдены рациональные условия производства плит на основе фурановой смолы (фурфуролацетонического мономера ФА), при поддержании которых возможно производство древесных плит с характеристиками, соответствующими ГОСТ 10632-07.

Список литературы

1. Угрюмов, С.А. Фурановые олигомеры в производстве фанеры и древесных плит / С.А. Угрюмов // Клей. Герметики. Технологии. – 2008. – № 10. – С. 14-16.
2. Азаров, В.И. Полимеры в производстве древесных материалов / В.И. Азаров, В.Е. Цветков. – 2-е изд. – М. : МГУЛ, 2006. – 236 с.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Взамен ГОСТ 12.1.005-76; введ. 1989-01-01. Переиздан 2002. – М. : Система стандартов безопасности труда: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 71 с.
4. Пижурич, А.А. Основы научных исследований в деревообработке / А.А. Пижурич, А.А. Пижурич. – М. : МГУЛ, 2005. – 305 с.

Статья поступила в редакцию 28.08.12.

S. A. Ugrumov, A. A. Fedotov

**ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL FACTORS IMPACT ON
CHARACTERISTICS OF FURAN RESIN CHIPBOARDS**

Rational conditions of wood boards production on the base of furan resin are determined. By means of realization of B-plan of the second order, a complex impact of the basic technological factors on physic and mechanical characteristics of chipboards, manufactured with the use of furan oligomer, is studied. A matrix of planning of experiments with output characteristic, adequate regression equations and basic characteristic curves is given.

Key words: *B-plan, experiment, manageable factors, levels of variation of factors, matrix of planning of experiment, regression equation, adequacy, efficiency of mathematical model, rational conditions of boards production.*

УГРЮМОВ Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры механической технологии древесины Костромского государственного технологического университета (Россия, Кострома). Область научных интересов – техника и технологии производства синтетических олигомеров, клееных древесных материалов. Автор более 200 публикаций.

E-mail: ugr-s@yandex.ru

ФЕДОТОВ Александр Андреевич – аспирант кафедры механической технологии древесины Костромского государственного технологического университета (Россия, Кострома). Область научных интересов – технологические процессы производства клееных древесных материалов. Автор семи публикаций.

E-mail: aafedotoff@yandex.ru

УДК 621.928

И. А. Полянин, Е. Л. Пугачёва

СОРТИРОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ ПО СМОЛИСТОСТИ

Рассмотрены вопросы сортировки технологической щепы, полученной из пневой и некондиционной древесины, в электростатическом поле по смолистости. Получена математическая модель отклонения технологической щепы в электростатическом поле в зависимости от расстояния между электродами и напряжением между ними. Представлены результаты экспериментальных исследований по сортировке технологической щепы. Сделаны основные выводы и рекомендации.

Ключевые слова: сортировка, технологическая щепка, смолистость, электростатическое поле, напряжение, пневая древесина, влажность.

Введение. Одним из важнейших условий для успешного выполнения задач в области лесной промышленности является повышение механизации технологических процессов и внедрения передовой ресурсосберегающей технологии на основе полного использования биомассы всех видов сырья лесозаготовительного производства. Одним из направлений полного использования биомассы дерева является широкое использование побочного вида сырья – пневой древесины, горбыля, сучьев, вершинок дерева и т.д., которое при современных условиях лесозаготовок составляет 15–25 % от общего объема заготавливаемой древесины. Кроме того, полное использование отходов деревообрабатывающих предприятий является одним из факторов безотходной технологии производства [1–3].

Производство технологической щепы как исходного материала для целлюлозно-бумажного, гидролизного имеет большое народно-хозяйственное значение. Максимальная переработка на технологическую щепу отходов древесины в лесопилении, деревообработке, а также пневой древесины приобретает огромное значение.

Основным сырьем канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятий является просмолившаяся хвойная древесина, а также пневой осмол, накапливающийся на вырубках в течение последующих 10–15 лет. За этот период заболонная часть пня сгнивает и остается ядровая древесина с высоким содержанием смолистых веществ. Рациональнее использовать в качестве сырья канифольно-экстракционного производства древесину и пни свежей порубки путем отделения смолистой части дерева от не смолистой. Так, например, свежие пни и отходы перерабатывающих предприятий следует превращать в технологическую щепу и сортировать её на щепу малой смолистости (менее 13 %) и щепу высокой смолистости (выше 13 %). Первая может быть успешно использована на целлюлозно-бумажных комбинатах, а вторая – на канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятиях.

Цель работы – совершенствование эффективности электростатической сортировки технологической щепы из пневой древесины для канифольно-экстракционных и целлюлозно-бумажных предприятий.

Существующие решения задачи, направленные на достижение цели. В отечественной и зарубежной практике промышленного производства существуют различные способы сортировки твёрдых и сыпучих материалов. Однако специфические особенности сортировки технологической щепы по смолистости исключают использование существующих способов для её разделения на высоко- и низкосмолистую. Единственным способом, позволяющим достичь положительного результата, на наш взгляд, является разделение технологической щепы с помощью электростатического сепаратора [4].

В Сибирском технологическом институте разработан способ отделения частиц коры от стружечной массы в электрическом поле [5] в специальном сепараторе с биполярной короной (рис.1). Основные узлы сепаратора – проволочные 3 и пластинчатые электроды 4. Принцип работы сепаратора заключается в создании поля коронного разряда путём подачи на электроды высокого полярного напряжения. Стружечная смесь равномерно сбрасывается с транспортера 1 по направляющей 2 в поле с биполярной короной.

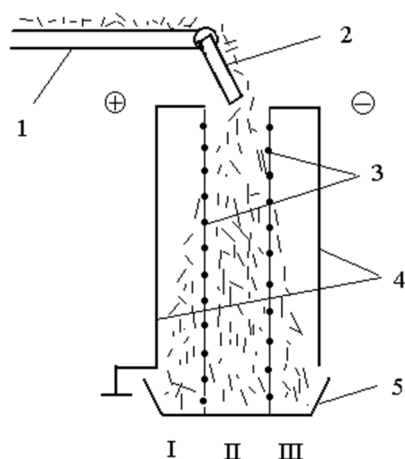


Рис.1. Сепаратор с биполярной короной для отделения частиц коры от стружечной массы

При этом частицы коры приобретают избыточный отрицательный заряд и перемещаются в сторону положительных электродов, собираясь в секции I приёмного бункера 5. Древесные частицы приобретают положительный заряд и перемещаются к отрицательным электродам. Наиболее мелкие древесные частицы падают в секцию III, а наиболее крупные – в секцию II приёмного бункера. Для исследования процесса разделения частиц коры и древесины была приготовлена стружечная смесь из древесины лиственницы, которая состояла из 90 % частиц древесины и 10 % частиц коры. Проведённые исследования показали, что с помощью одноступенчатого сепаратора коронного разряда можно при определённых условиях удалять из стружечной смеси до 85 % содержащейся в ней коры. Если по-

строить сепаратор с несколькими ступенями, то процент удаления коры может быть значительно увеличен. Таким образом, исследования показали, что с помощью электрического поля можно эффективно разделять частицы коры и древесины [5].

В КирНИИЛПе разработан способ сортировки технологической щепы по смолистости, в основу которого положен способ электростатического разделения материалов, включающий доведение исходного материала до одинаковой степени влажности и обработку его в электрическом поле [6].

Предлагаемый способ [7] осуществляют в сепараторе свободного падения, который включает электроды размером 1000х1000 мм, размещённые под углом к вертикали, причем расстояние между электродами сверху и внизу составляет соответственно 100 и 200 мм. На электроды подают напряжение 100 кВ, при этом в межэлектродном пространстве образуется электростатическое поле, напряжённость которого находится в пределах от 5 до 10 кВ/см. Пневой осмол, содержащий древесину двух видов, например заболонную и ядровую, измельчают, доводят до одинаковой степени влажности 4,3 %, сортируют по крупности и направляют в электростатическое пространство. Поскольку содержание канифоли в указанных видах древесины различно, диэлектрические свойства их при влажности 4,3 % значительно отличаются, что приводит к тому, что частицы с разным количеством канифоли получают заряды разной величины и притягивают-

ся к разным электродам, при этом происходит отделение заболонной древесины от ядровой.

Проведение электрической сепарации древесины в поле, напряжённость которого поддерживается в пределах 10 кВ/см при влажности древесины 4,3 % с предварительной классификацией древесины по крупности, позволяет дополнительно извлечь 30–50 % ядровой древесины, обладающей высокой смолистостью. Основным недостатком данного способа является его высокая энергоёмкость.

Математическое моделирование. Нами установлено, что в однородном электрическом поле за появление пондемоторных сил ответственны только свободные электрические заряды, поэтому со стороны электрического поля напряжённостью $\vec{E}$ на диэлектрический заряженный шар действует сила

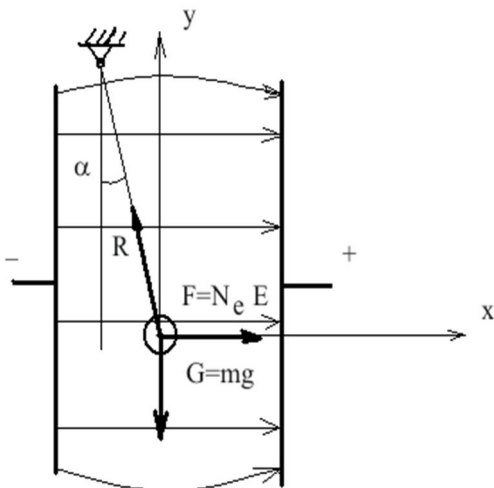
$$\vec{F} = Ne\vec{E}, \quad (1)$$

где e – заряд электрона, N – число свободных электрических зарядов.

Как известно [8], напряжённость поля плоского конденсатора имеет величину

$$E = \frac{U_0}{d}, \quad (2)$$

где U_0 – разность потенциалов между пластинами, d – расстояние между ними.



Полагая щепу подвешенной на невесомой, электрически нейтральной нити, силы, действующие на щепу в проекции на ось x (рис. 2), будут определяться из уравнений

$$\sum X = 0,$$

$$F - R \sin \alpha = 0.$$

В проекции на ось ординат y имеет

$$\sum Y = 0,$$

$$R \cos \alpha - G = 0.$$

Откуда непосредственно находим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{G} = \frac{NeU_0}{Gd} = \frac{\rho U_0}{G(l_1 + l_2)}, \quad (3)$$

где $\rho = eN$ – объемный заряд щепки,

$d = l_1 + l_2$ – расстояние между электродами.

Если задана длина нити l_0 , то смещение щепы в электрическом поле будет

$$l = l_0 \sin \alpha = l_0 \sin \operatorname{arctg} \frac{\rho U_0}{G(l_1 + l_2)} \quad (4)$$

или, заменяя объемный заряд, получим

$$l = l_0 \sin \operatorname{arctg} \frac{4\pi F (l_2 - l_1)^3}{3G(l_1 + l_2)}, \quad (5)$$

где F – сила притяжения щепы к пластине.

Техника эксперимента и методика обработки полученных результатов. Для изучения разделения технологической щепы по смолистости на отдельные фракции были выбраны образцы щепы одинаковой крупности и веса (350 мг), но разной смолистости: 8, 10, 13, 17 и 22 %. Каждый образец был помечен своей меткой. В экспериментах изменялась влажность щепы от 7 до 26 %. Исследования проводились на экспериментальной установке (рис. 3), дающей электрическое поле выпрямленного синусоидального напряжения.

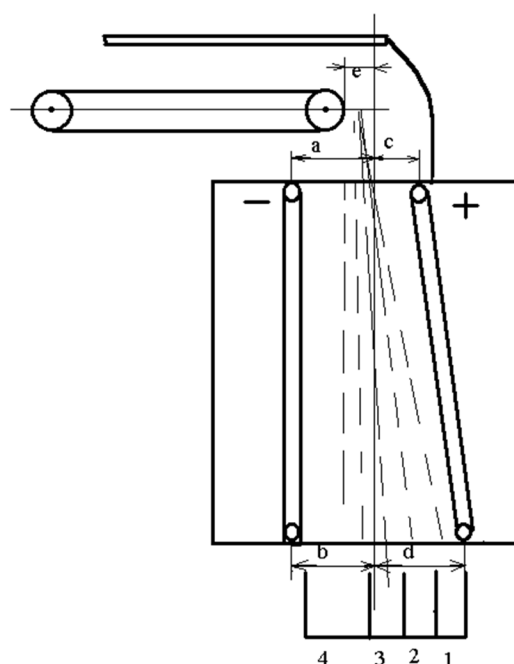


Рис. 3. Сортировка технологической щепы по смолистости

Для усиления эффекта сортировки щепы по смолистости щепа предварительно заряжалась отрицательными зарядами. Зарядка щепы осуществлялась на подающем транспортере при подаче её в электрическое поле сепаратора. Для этой цели транспортер был выполнен из медной эластичной сетки и соединен шиной с отрицательным электродом, а над транспортером была помещена металлическая пластина, соединенная с положительным электродом. При заданной скорости движения сетки транспортера время зарядки технологической щепы составляло 3 минуты. На электроды сепаратора подавалось напряжение от 44 до 91 кВ. В экспериментах образцы технологической щепы загружались на подзаряжающий транспортер, где происходила зарядка щепы, затем, при дальнейшем её движении в электрическом поле, происходило разделение щепы по смолистости и экспериментальные образцы попадали в карманы сепаратора, расположенные в его нижней части (1,2,3,4).

На движение и сортировку технологической щепы существенное влияние оказывает положение электродов (пластин). В ходе экспериментов плоские электроды (имея подвижность за счет разработанного их крепления) устанавливались на различных расстояниях от вертикальной оси сепаратора, а также и под различными углами к оси. Наиболее эффективное разделение щепы по смолистости (при всех прочих начальных условиях) происходило при следующем положении пластин в пространстве: $a=5$ см, $b=20$ см, $c=15$ см, $d=40$ см.

Экспериментальные исследования по разделению технологической щепы в электрическом поле по степени смолистости проводились со щепой с известными заранее процентом смолистости и влажности. Результаты исследований для смолистости 22, 17 и 13 % при напряжении между электродами при напряжении 75 кВ приведены в таблице.

Влияние смолистости щепы на величину её отклонения от вертикальной оси сепаратора

Смолистость, К, %	13	15	17	20	22
Отклонение, L, м	0,025	0,04	0,05	0,075	0,1

Графическая зависимость влияния величины смолистости технологической щепы на величину её отклонения показана на рис. 4.

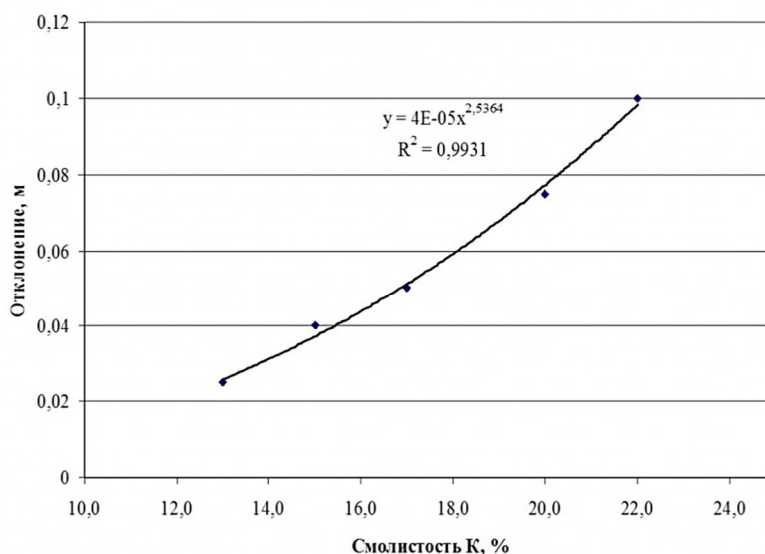


Рис. 4. Зависимость отклонения щепы от величины её смолистости

Как видно из графика (рис.4), с увеличением смолистости технологической щепы её отклонение в электростатическом поле тоже увеличивается. Эта зависимость выражается степенной функцией:

$$L = b_1 k^{n_1}, \quad (6)$$

$$L = 4E - 0,5k^{2,5364}.$$

В экспериментах использовалась щепа смолистостью 8, 10, 13, 17 и 22 % и влажностью от 13 до 28 %. Технологическая щепа предварительно проходила обработку по обеспечению необходимого процента влажности. Предварительно подготовленная щепа подвергалась дальнейшему экспериментальному исследованию на разделение в электрическом поле. Объем технологической щепы каждого кармана взвешивался на весах и помещался в отдельный целлофановый пакет для проведения дальнейшего анализа по влажности и смолистости. Анализ технологической щепы на влажность и смолистость проведен в лаборатории КирНИИЛПа.

Интерпретация результатов и их анализ. При эксперименте менялось положение электродов относительно осевой линии и величина подаваемого на электроды высокого напряжения. В ходе экспериментов было установлено, что при влажности щепы от 13 до 28 % наилучшее разделение щепы происходит при напряжении 75 кВ и положении электродов, характеризующемся следующими величинами параметров: $a=5$ см, $b=20$ см, $c=15$ см, $d=40$ см, $e=17$ см. При данных начальных параметрах технологическая щепа повышенной смолистости в основном отклонялась к отрицательному электроду, а щепа малой смолистости – к положительному электроду.

Как показывают экспериментальные исследования, щепа с повышенной смолистостью (более 13 %) отклоняется в сторону 3 и 4 кармана, а технологическая щепа меньшей смолистости (менее 13 %) в карманы 1 и 2. Таким образом, в процессе сортировки щепы необходимо в конструкции установки предусмотреть шторку для разделения технологической щепы на высоко- и низкосмолистую. Разделительную шторку необхо-

димо установить между карманами 2 и 3, а в нижней части установки два бункера для сбора технологической щепы.

Анализ результатов эксперимента показывает следующее:

1) при отсутствии напряжения щепы не отклоняются в сепараторе свободного падения. Вся щепа падает в карман № 4;

2) при подаче на пластины выпрямленного синусоидального напряжения происходит отклонение щепы в сторону положительного электрода;

3) предварительная подзарядка щепы отрицательными зарядами способствует большему отклонению щепы меньшей смолистости и меньшему отклонению щепы большей смолистости;

4) при напряжении до 75 кВ и выше 75 кВ происходит рассеяние щепы в сепараторе или слабое её отклонение. При напряжении 75 кВ наблюдается разделение щепы по смолистости. Щепа смолистостью 8 % большей своей массой попадает в карман № 1, а щепа смолистостью 22 % – в карманы № 2 и № 3 (в основном в карман №2). Если пространство сепаратора разделить стенкой на уровне кармана № 2 на два отсека, то возможно разделение щепы по смолистости на две фракции – высокосмолистую и малосмолистую;

5) лучшее разделение щепы осуществляется при положении пластин: $a = 5$ см, $b = 20$ см, $c = 15$ см, $d = 40$ см, $e = 17$ см.

Выводы

1. Разработан новый способ сортировки технологической щепы на мало- и высокосмолистую в постоянном электростатическом поле высокого напряжения с предварительной подзарядкой отрицательным зарядом и может быть рекомендован для промышленного внедрения.

2. Основываясь на законах физики и механики, получены математические зависимости отклонения технологической щепы при свободном падении в электростатическом поле.

3. Оптимальная величина выпрямленного высокого синусоидального напряжения для разделения щепы на высоко- и малосмолистую (критерий 13 %) равна 75 кВ. Постоянное напряжение может меняться в пределах от 65 до 85 кВ. Напряжения, лежащие за этими пределами, не эффективны.

4. При установке в сепараторе свободного падения на уровне нижних кромок плоских электродов вертикальной твердой шторки позволяет разделять технологическую щепу на две фракции, соответственно, ниже и выше 13 % смолистости.

5. Для большей эффективности сортировки щепу предварительно целесообразно подзарядать отрицательными зарядами. Для этой цели между подающим конвейером и сепаратором устанавливается промежуточный конвейер из металлической сетки. Промежуточный конвейер соединяется с отрицательным электродом. Над этим конвейером располагается на расстоянии не менее 20 см металлическая плоская пластина, соединенная с положительным электродом. В созданном постоянном электрическом поле щепа подзарядается. Ориентировочное время подзарядки составляет 20..35 с.

Список литературы

1. Гелес, И.С. Биомасса дерева и ее использование / И.С. Гелес, З.А. Коржицкая. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992. – 230 с.
2. Коробов, В.В. Комплексное использование древесины / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 88 с.
3. Коробов, В.В. Переработка низкосортного сырья (проблемы безотходной технологии) / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. – М.: Экология, 1991. – 288 с.

4. Баруллин, В.Н. Сортировка древесных частиц в производстве древесно-стружечных плит / В.Н. Баруллин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 45 с.
5. Вайс, А.А. Отделение частиц коры от стружечной массы / А. А. Вайс //Деревообрабатывающая промышленность. – 1975. – № 1. – С. 5-6.
6. А.с. 858920 СССР, МКИ³ В 03 С 1/00. Способ электростатического разделения материалов преимущественно древесины/ Ю.Г. Санников, Ю.Г. Мыров, Ю.П. Ивонин, П.И. Ротаренко, Г.А. Андреев (СССР). – №2788745/22-03; Заяв 02.07.79; Оpubл. 30.08.81, Бюл. №32. – 2 с.
7. Патент РФ №2231395, МКИ⁷ В 03 С 7/00. Способ электростатического разделения древесных материалов по смолистости / И.А. Полянин, А.Я. Полянин (Россия). – № 2002132607/03; Заявлено 12.04.02 Оpubл. 27.06.2004. – 4 с.
8. Тамм, И.Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – М.: Наука, 1968. – 624 с.

Статья поступила в редакцию 26.04.12.

I. A. Polyinin, E. L. Pugacheva

CHIP ASSORTING BY GUMMOSITY OBTAINED FROM STUMPWOOD AND NON-STANDARD TIMBER

The problems of assorting of chip obtained from stumpwood and non-standard timber in electric field in accordance with gummosity are considered. A mathematical model of chip deviation in electric field depending on the distance between electrodes and voltage among them is obtained. Experimental research results in chip assorting are offered. The basic conclusions are made and some advice is given.

Key words: assorting, chip, gummosity, electric field, voltage, stumpwood, wetness.

ПОЛЯНИН Игорь Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин Поволжского государственного технологического университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – переработка пневой и некондиционной древесины, транспортировка лесоматериалов малыми транспортными средствами. Автор 72 публикаций.

E-mail: polyanin_ia@mail.ru

ПУГАЧЁВА Елена Львовна – аспирант кафедры транспортно-технологических машин Поволжского государственного технологического университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – сортировка технологической щепы. Автор трёх публикаций.

E-mail: Pugelenlv@rambler.ru

УДК 630*08(07)

А. Н. Чемоданов, П. Е. Царев

РЕЗЕРВНЫЕ ЗАПАСЫ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И СПОСОБЫ ИХ ХРАНЕНИЯ НА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДАХ И СКЛАДАХ СЫРЬЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Проведен анализ оборудования для хранения, перемещения и поштучной выдачи круглых лесоматериалов к последующему оборудованию.

Ключевые слова: *отсекатель, лесоматериал, межоперационные запасы, буферный магазин.*

Введение. Для устранения перебоев в работе поточных линий, происходящих из-за недостаточной надежности составляющих их технологических установок, между последними располагаются межоперационные запасы лесоматериалов (дереьев, хлыстов, сортиментов), а также резервные запасы, примером которых могут служить запасы бревен перед цехами лесопиления. Конструкции технологических установок, применяемых на лесных складах, приспособлены для обработки лесоматериалов, различающихся по размерам, форме, массе и качеству. Однако время, затрачиваемое этими установками на обработку единицы продукции (штучное время, t шт), различно в зависимости от индивидуальных особенностей сырья. При этом размерные и качественные признаки сырья по-разному влияют на штучное время разных установок.

Целью настоящей работы является изучение разрешающей способности (т.е. надежной поштучной выдачи круглых лесоматериалов в определенном диапазоне их диаметров) сплошного однорядного буферного магазина, оснащенного отсекателем с постоянной длиной захвата, предназначенным для поштучной выдачи круглых лесоматериалов; оптимизация его технологических параметров с целью повышения разрешающей способности; разработка методики определения разрешающей способности отсекателей с постоянной длиной захвата при различных природно-производственных условиях.

Задачи: изучение конструкций буферных магазинов и установление предъявляемых к ним основных требований; определение параметров, влияющих на пропускную способность отдельных участков поточных линий; создание экспериментальной установки и определение с использованием аналитико-экспериментальных методов исследований необходимых условий эксплуатации буферных магазинов с отсекателями с постоянной длиной захвата.

Поточные линии лесозаготовительного и деревообрабатывающего производств в качестве предмета труда имеют дело как с пачкой лесоматериалов, так и с отдельными лесоматериалами. Переход от одной формы предмета труда к другой связан с разобшением пачек лесоматериалов и их поштучной выдачей к последующему оборудованию. Особая роль в этом принадлежит устройствам, производящим поштучную выдачу лесоматериалов при их различных геометрических размерах и называемым буферными магазинами.

Буферные магазины представляют собой устройства, имеющие определенную вместимость, способные принимать заготовки от предыдущей технологической установки и

поштучно передавать их к последующей. В буферном магазине всегда должно оставаться свободное место для приема заготовок, поступающих от предыдущей установки, а также должен находиться некоторый их запас, обеспечивающий работу последующей технологической установки при остановке предыдущей. Также буферный магазин должен стабильно перемещать заготовки от приемного участка к выдающему, с последующей фиксированной поштучной выдачей заготовок. Благодаря этому, при перебоях в работе любой из технологических установок, из числа предшествующих и последующих буферному магазину, может продолжаться работа поточной линии в целом, в течение времени, определяемого вместимостью буферного магазина. Необходимость установки буферных магазинов в поточные линии обусловлена также влияющими на производительность оборудования специфическими особенностями лесоматериалов, которые существенно отличаются друг от друга по длине, диаметру, весу, форме поперечного сечения, степени кривизны, породе, наличию пороков и т. д.

Величина вместимости буферного магазина определяет степень надежности работы поточной линии. Чем больше вместимость магазина, тем более продолжительными могут быть простои механизмов и тем длительнее могут сохраняться состояния без нарушения ритма работы поточной линии в целом.

В то же время любая работа, связанная с межоперационным запасом, является не эффективной, т.к. увеличение вместимости буферного магазина связано с повышением его стоимости, увеличением производственной площади для его установки, дополнительным расходом электроэнергии и др. Только технико-экономическое обоснование способно подтвердить необходимость данной операции по созданию межоперационных запасов, а также оптимальную их величину.

Основные положения методики определения минимальной величины межоперационных запасов, при которых вероятность надежной работы поточной линии оказалась бы достаточной, а ее простои не превышали бы допустимых пределов, разработаны Г. А. Вильке, В. Н. Алябьевым, А. К. Редькиным и др. [1–4]

Буферные магазины (рис. 1) в соответствии со способом расположения в них заготовок подразделяют на однорядные, в которых заготовки располагаются в один ряд, и пачковые, содержащие пачку обычно из нескольких десятков заготовок.

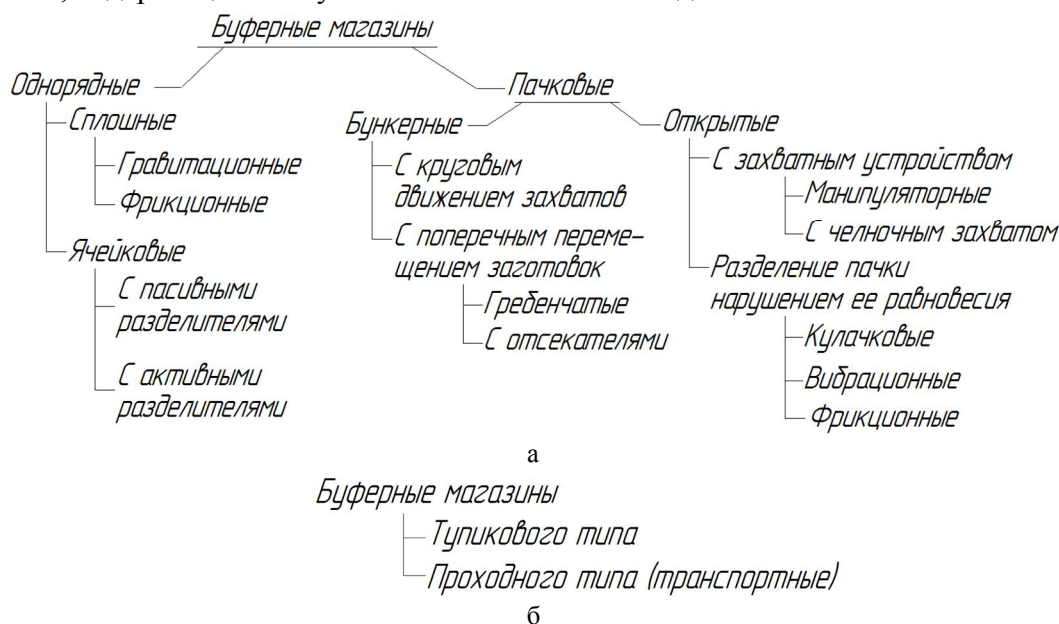


Рис. 1. Классификация буферных магазинов: а – по конструктивным особенностям; б – по характеру работы

Также по характеру работы они делятся на буферные магазины тупикового типа и проходного типа. Однорядные и пачковые буферные магазины в свою очередь подразделяют на ряд конструктивных подвариантов в зависимости от характера перемещения в них заготовок, способов разделения пачек, поштучной выдачи заготовок и т. д.

На сегодняшний момент деревообрабатывающая промышленность не хочет иметь дело с буферными магазинами для поштучной выдачи круглых лесоматериалов, в состав которых входят сложные системы автоматики в связи с высокой стоимостью приобретения, трудностями наладки, содержания и ремонта такого оборудования [5], поэтому предпочтение отдается простым в исполнении, механизированным однорядным буферным магазинам с отсекателями, имеющими простую конструкцию, наибольшую разрешающую способность, но при этом способными работать в автоматическом режиме. Примером таких устройств могут служить однорядные буферные магазины, в состав которых входят отсекатели с постоянной длиной захвата, непосредственно отвечающие за поштучную выдачу круглых лесоматериалов.

Отсекатель является одним из основных элементов однорядного буферного магазина, предназначенных для надежной поштучной выдачи лесоматериалов к последующей установке. Он характеризуется разрешающей способностью – отношением максимального диаметра бревна к минимальному [3].

На рис. 2 показаны схемы отсекателей простейшего типа с постоянной длиной захвата [3].

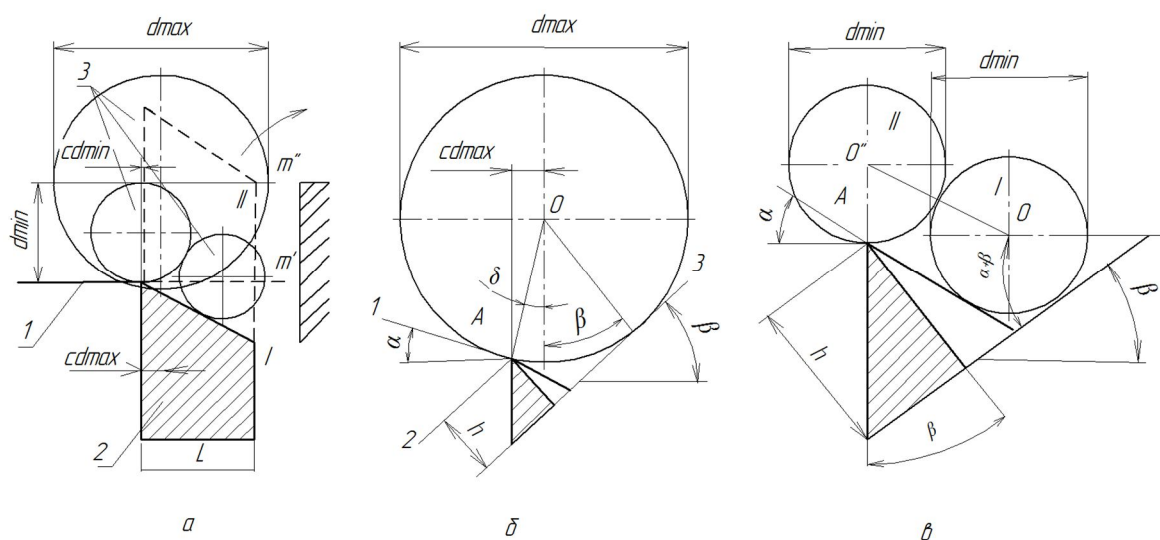


Рис. 2. Схемы к расчетам отсекателей с постоянными длиной захвата и скоростью движения: а – с вертикальным перемещением захвата; б, в – с перемещением захвата по наклонной плоскости

В первом случае (рис. 2,а) нижняя заготовка отделяется от остальных при перемещении отсекателя из положения I в положение II (изображено пунктиром), после чего отсекаТЕЛЬ возвращается в исходное положение. Из схемы видно, что образующие m - m' нижних заготовок любого диаметра лежат в одной вертикальной плоскости.

Величина разрешающей способности таких отсекателей приблизительно равняется 2,3.

Другой вариант отсекателя с постоянной длиной захвата изображен на рис. 2,б. В выдающей части буферного магазина 1 расположены наклонные направляющие 3, по которым перемещается отсекаТЕЛЬ 2 в направлении по стрелке. Заготовка будет захвачена отсекателем, если точка их соприкосновения (точка А) будет расположена на не-

котором расстоянии $cd_{\max}$ слева от вертикали, проходящей через центр заготовки. Если в конце буферного магазина находятся две заготовки (I и II) с диаметрами $d_{\min}$ (рис. 2, в), то отделение только одной из них (заготовки I) произойдет, если отсекатель встретится с заготовкой II в точке A, расположенной на вертикали, проходящей через ее центр. Разрешающая способность отсекателей такой конструкции возрастает с увеличением угла α и уменьшением угла β и находится в диапазоне от 4,5 до 7,5. Как пример совершенной конструкции буферного магазина, оснащенного отсекателями с постоянной длиной захвата, может быть принят буферный магазин по АС№1507703.

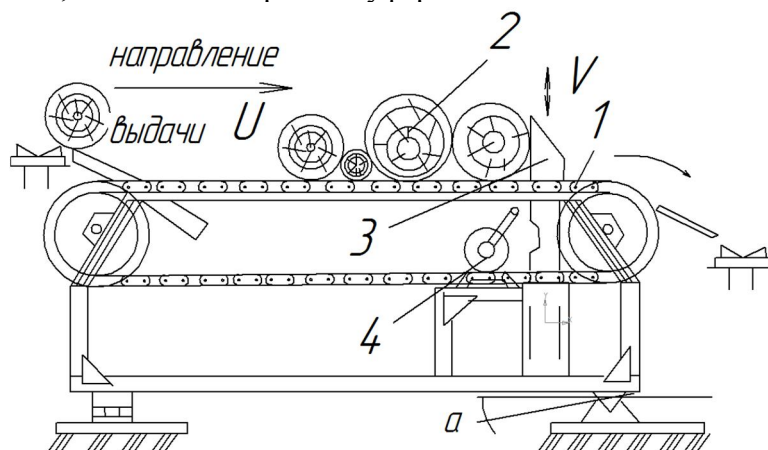


Рис. 3. Буферный магазин, оснащенный отсекателем с постоянной длиной захвата:
1 – поперечный цепной транспортер; 2 – слой бревен; 3 – отсекатели с постоянной длиной захвата;
4 – привод отсекателей

Наиболее простым и перспективным вариантом отсекателей такого типа является отсекатель с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения (рис.4)[5,6].

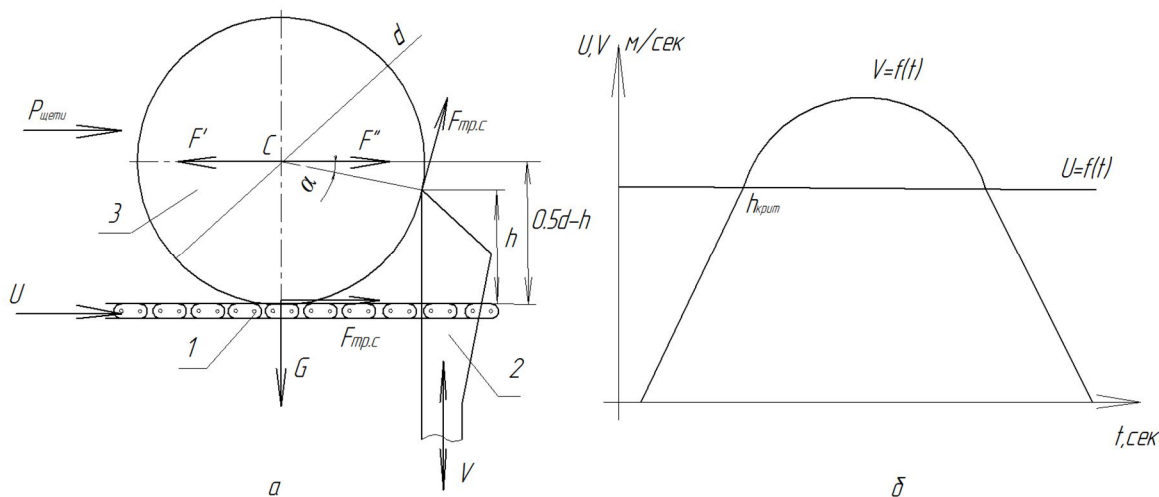


Рис. 4. Отсекатель с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения: а – общий вид отсекателя; б – график зависимостей скорости движения транспортера U и отсекателя V от времени t

Он работает по следующему принципу: межоперационный запас бревен 3 накапливается на цепях поперечного транспортера 1, скорости которых постоянны, и удерживается от выдачи отсекателем 2 с переменной скоростью движения V . Опускаясь вниз, отсекатель освобождает крайнее бревно, которое начинает движение в сторону выдачи

После отрыва бревна от цепей множитель $G_l\mu$ превращается в 0. Отсюда можно выразить величину вместимости:

$$P_{\text{г.слоя}} = (G_l \cdot L_1 + h_{\text{кр}} \cdot F_{\text{тр}}) / (0,5 \cdot d - h_{\text{кр}}) = E \cdot \phi \cdot G_l \cdot \mu, \quad (4)$$

где $P_{\text{г.слоя}}$ – горизонтальная составляющая силы, действующей со стороны слоя бревен на выдаваемое бревно, Н; E – величина вместимости бревен на поперечный цепной транспортер, шт; ϕ – коэффициент заполнения слоя бревен.

Преобразовав данное выражение, получаем величину вместимости E :

$$E = (L_1 + h_{\text{кр}} \cdot \mu) / ((0,5 \cdot d - h_{\text{кр}}) \cdot \phi \cdot \mu). \quad (5)$$

Заключение. Для определения технологических возможностей таких буферных магазинов необходимы теоретические и аналитико-экспериментальные исследования:

- вместимости буферных магазинов,
- энергоемкости процесса выдачи,
- критической высоты отсекаателя (при которой происходит опрокидывание бревна через отсекаатель) и его разрешающей способности;
- взаимосвязи отмеченных параметров.

Результаты дальнейших исследований позволят оптимизировать параметры буферных магазинов и обосновать направления по созданию их новых конструкций.

На кафедре деревообрабатывающих производств ПГТУ создана действующая экспериментальная установка по АС№1507703, проведены контрольные серии экспериментов при различных значениях технологических параметров установки, ведется работа по проведению полномасштабного эксперимента.

Список литературы

1. Батин, И.В. Основы автоматизации производственных процессов на нижних лесных складах / И.В. Батин. М. – Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 123 с.
2. Вильке, Г.А. Автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий / Г. А. Вильке. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 416 с.
3. Залегаллер, Б.Г. Технология и оборудование лесных складов: Учебник для вузов / Б.Г. Залегаллер, П.В. Ласточкин, С.П. Бойков. – 3-е изд., доп. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 352 с.
4. Технология и оборудование лесных складов и лесопромышленных цехов: учебник / под ред. В.И. Пяткина. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 384 с.
5. Чемоданов, А.Н. Обоснование целесообразности лесопиления на лесопромышленных предприятиях / А.Н. Чемоданов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2001. – № 2. – С. 139-141.
6. Чемоданов, А.Н. Автоматизация производственных процессов на лесных складах: Методические указания / А. Н. Чемоданов. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1986. – 56. : ил.
7. Чемоданов, А.Н. Повышение вместимости сплошных однослойных буферных магазинов / А. Н. Чемоданов // Наука в условиях современности: сборник статей студентов, аспирантов, докторантов и ППС по итогам научно-технической конференции МарГТУ в 2007 г. – Йошкар- Ола: Марийский государственный технический университет, 2007. – С. 155-157.
8. Чемоданов, А.Н. Снижение энергоемкости процесса поштучной выдачи круглых лесоматериалов. Наука в условиях современности: сборник статей студентов, аспирантов, докторантов и ППС по итогам научно-технической конференции МарГТУ в 2007 г. – Йошкар- Ола: Марийский гоударственный технический университет, 2007. – 158-160.

Статья поступила в редакцию 18.01.12.

*A. N. Chemodanov, P. E. Tsarev***TIMBER RESERVES AND MODES OF ITS STORAGE AT THE FOREST
INDUSTRY STORES AND THE RAW MATERIAL STORES**

An analysis of equipment for storage, movement and delivery of round timber by the piece is carried out.

Key words: *log kicker, timber, line balancing stock (logging), buffer dispenser.*

ЧЕМОДАНОВ Александр Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры деревообрабатывающих производств Поволжского государственного технологического университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – технология и оборудование лесопромышленных складов, оборудование деревообрабатывающих производств, сушильные камеры периодического действия. Автор более 120 публикаций.

E-mail: ChemodanovAN@volgatech.net

ЦАРЕВ Павел Евгеньевич – аспирант кафедры деревообрабатывающих производств Поволжского государственного технологического университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – технология и оборудование лесопромышленных складов, оборудование деревообрабатывающих производств, деревянное домостроение. Автор 10 публикаций.

E-mail: TsPavel@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 576.5: 535.2

**Е. С. Суханова, Д. В. Кочкин,
М. В. Титова, А. М. Носов**

РОСТОВЫЕ И БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗНЫХ ШТАММОВ КУЛЬТУР КЛЕТОК РАСТЕНИЙ РОДА *POLYSCIAS*

Проведено сопоставление ростовых и биосинтетических характеристик трех штаммов суспензионных культур клеток растений рода полисциас *Polyscias fruticosa* и *Polyscias filicifolia* – продуцентов тритерпеновых гликозидов. Штаммы существенно отличаются по длительности культивирования *in vitro*. Один штамм *Polyscias filicifolia* получен более 15 лет назад и депонирован во Всероссийской коллекции культур клеток высших растений (коллекционный штамм), два других штамма («молодые» штаммы) получены пять лет назад (около 100 циклов субкультивирования *in vitro*). Удельная скорость роста выше для «молодых» штаммов, тогда как накопление биомассы выше у коллекционного штамма. Для всех штаммов характерно отсутствие лаг-фазы на кривой роста. Цитологические исследования показали, что коллекционный штамм представлен более крупными клетками, чем молодые штаммы. Новые штаммы *Polyscias*, в отличие от коллекционного штамма, содержат тритерпеновые гликозиды с олеаноловой кислотой в качестве агликона. Большим разнообразием гликозидов характеризуется суспензионная культура клеток *P. filicifolia*.

Ключевые слова: *Polyscias fruticosa*, *Polyscias filicifolia*, полисциас, суспензионная культура клеток, олеаноловая кислота, тритерпеновые гликозиды.

Введение. Одним из наиболее перспективных направлений современной фитобиотехнологии является использование культур клеток и тканей высших растений для получения биологически активных веществ. Растения семейства Аралиевых (*Araliaceae*), к которым относятся такие известные виды, как женьшень, элеутерококк, аралия, широко используются в медицине и косметологии, но некоторые виды растут лишь в тропическом климате и их культивирование в умеренных широтах проблематично. В связи с этим большое значение имеют работы по получению и выращиванию культур клеток этих растений *in vitro* [1].

К наиболее перспективным для практического использования из данного семейства являются растения рода *Polyscias*. Один из представителей этого рода, *Polyscias filicifolia* (полисциас папортниколистный), обладает тонизирующим, кардиотропным [2], антимуtagenным [3] и рядом других лекарственных свойств [4–6]. Изучение этого растения в нашей стране началось в начале 70-х годов прошлого века с получения каллусной культуры [7]. Был проведен фитохимический анализ полученной культуры клеток, который показал наличие в биомассе большого количества водо- и спирторастворимых веществ, крахмала, свободных аминокислот, редуцирующих сахаров и тритерпеновых сапонинов [8]. В настоящее время биомасса этой культуры клеток (штамм БФТ-001-95, получен в 1995 году) используется для производства пищевой биологически активной добавки «Витагмал» [2].

Очень близкий к *P. filicifolia* вид, *Polyscias fruticosa* (полисциас кустарниковый) используется как тонизирующее, повышающее работоспособность и сопротивляемость к инфекционным заболеваниям средство, а также как средство против головокружений [2]. В то же время, *P. fruticosa* изучен гораздо меньше, чем *P. filicifolia*, химический состав его экстрактов практически не исследован.

В 2005 году в Институте физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН была впервые получена суспензионная и каллусная культура клеток *P. fruticosa*, а также повторно введен в культуру и вид *P. filicifolia* [9].

Из данных литературы известно, что относительно «молодые» и длительно культивируемые суспензионные клеточные культуры значительно отличаются по характеру роста, параметрам роста и биосинтетическим показателям.

Целью настоящей работы было сравнение ростовых и биосинтетических характеристик двух «молодых» штаммов полисциаса (*P. fruticosa* и *P. filicifolia*) между собой и с коллекционным штаммом *P. filicifolia*.

Техника эксперимента. Исследование проводили на полученных в 2005 году штаммах *Polyscias fruticosa* (L.) Harms и *Polyscias filicifolia* Bailey на 43 цикле их субкультивирования и на коллекционном штамме *P. filicifolia* БФТ-001-95, полученном в 1995 году.

Культуры выращивали на среде Мурасиге и Скуга [10] с добавлением гидролизата казеина (0,5 г/л), инозита (0,1 г/л), 3 % сахарозы, витаминов по Уайту и фитогормонов (2 мг/л кинетина и 3 мг/л НУК для коллекционного штамма; 1 мг/л кинетина и 2 мг/л 2,4-Д для молодых штаммов). Культивирование проводили в темноте, при 26°C, на качалке (100 об./мин.), в колбах объемом 250 мл (30–40 мл суспензии в колбе).

Для исследования ростовых характеристик культуры определяли содержание сухой и сырой биомассы в литре среды, концентрацию клеток в среде и жизнеспособность культуры.

Для определения содержания сырой и сухой биомассы в литре среды фиксированный объем суспензии (не меньше 15 мл, в трёх повторностях) фильтровали через бумажный фильтр с помощью воронки Бюхнера, под вакуумом. Биомассу высушивали до постоянного веса при 60°C.

Для подсчета концентрации клеток в среде 0,5 мл суспензии инкубировали с 2,5 мл 20 % раствора хромовой кислоты при 60°C в течение 15 мин. [9].

Жизнеспособность культур клеток определяли, используя прижизненный краситель феносафранин (0,1 % раствор), путем подсчета живых (неокрашенных) и мертвых (окрашенных) культивируемых единиц под микроскопом [9].

По полученным результатам рассчитывали индекс роста (I), удельную скорость роста в экспоненциальной фазе (μ), время удвоения (τ), экономический коэффициент (Y):

$$I = (X_{\max} - X_0) / X_0,$$

где $X_{\max}$ и X_0 – максимальное и начальное значение одного из критериев роста (в данной работе – содержание сухой биомассы в литре среды).

$$\mu = (\ln X_2 - \ln X_1) / (t_2 - t_1),$$

где X_2 и X_1 – значения критерия роста (содержание сухой биомассы в литре среды) в момент времени t_2 и t_1 , соответственно (рассчитывается для экспоненциальной фазы роста).

$$\tau = \ln 2 / \mu$$

$$Y = (X_{\max} - X_0) / S,$$

где $X_{\max}$ и X_0 – максимальное и начальное количество сухой биомассы в среде (г/л), S – начальная концентрация субстрата (сахарозы) в среде (г/л среды) [11].

Выяснение наличия в культуре клеток полисциаса тритерпеновых гликозидов проводили с использованием тонкослойной хроматографии (ТСХ). Для этого 150 мг измельченной воздушно-сухой биомассы экстрагировали смесью этанол : вода (70:30, по объему) под действием ультразвука в течение 30 мин. После центрифугирования 10–15 мкл полученного экстракта наносили на хроматографическую пластинку Kieselgel 60 (Merck, Германия) и элюировали в системе растворителей этилацетат : ледяная уксусная кислота : вода (50:25:25, по объему). Проявление хроматограммы проводили 1 % раствором анисового альдегида в смеси этанол: концентрированная серная кислота (10:1, по объему) с последующим нагреванием при 125°C, 3–5 мин.

Для идентификации агликона была выделена суммарная фракция гликозидов. 1,5–2,0 г воздушно-сухой биомассы исчерпывающе экстрагировали 70 % этиловым спиртом. Спиртовой экстракт упаривали досуха под вакуумом и растворяли в воде, после чего последовательно экстрагировали этилацетатом и н-бутанолом, насыщенным водой. Бутанольный экстракт упаривали досуха и подвергали кислотному гидролизу в смеси Килиани (соляная кислота : ледяная уксусная кислота : вода 10:35:55, по объему) при 80°C в течение 18 ч. Агликоны экстрагировали этилацетатом. Анализ агликонов проводили с помощью ТСХ на стеклянных пластинках Kieselgel 60 в хроматографических системах: 1) бензол : ацетон (3:1, по объему); 2) бензол : этилацетат (1:1, по объему). В качестве стандарта использовали олеаноловую кислоту (Sigma, США). Обнаружение проводили 20 % раствором серной кислоты в этаноле с последующим прокаливанием при 110°C, 3–5 мин.

Анализ качественного состава тритерпеновых гликозидов в культуре клеток *in vitro* проводили на 14 сутки субкультивирования. Для этого 50 мг воздушно-сухой биомассы экстрагировали в 1 мл смеси этанол : вода (70:30, по объему) под действием ультразвука в течение 30 мин. После центрифугирования (11000 об./мин., 5 мин.) 10 мкл супернатанта наносили на хроматографическую пластинку Kieselgel 60 (Merck, Германия) в двух повторностях. Элюирование и проявление хроматограммы осуществляли по методике, приведенной выше.

Полупрепаративное выделение гликозидов осуществлялось на пластинках Kieselgel 60 (Merck, Германия) размером 10×10 см, на которые 100 мкл 1 %-го спиртового раствора суммарной гликозидной фракции наносили в виде сплошной полосы. Элюирование проводили в той же системе растворителей, что и при аналитическом разделении.

Для ВЭЖХ анализа 100 мг воздушно-сухой биомассы культуры клеток экстрагировали 70 % водным метанолом под действием ультразвука при комнатной температуре в течение 30 мин. Затем полученный экстракт центрифугировали при 10 тыс. об./мин., 6 мин. Супернатант фильтровали через нейлоновой фильтр с порами 0,2 мкм (Acrodisc, Германия).

ВЭЖХ анализ проводили на приборе Perkin Elmer Series 200 (PerkinElmer, США), укомплектованном автоматическим инжектором, бинарным градиентным насосом и спектрофотометрическим детектором. Разделение проводили на колонке Pecosphere 3CR C18, 83×4,6 мм, 3 мкм (PerkinElmer, США) при скорости потока подвижной фазы 1,5 мл/мин., температуре 25°C и детектировании на длине волны 207 нм. Элюирование осуществляли в градиентном режиме с использованием в качестве компонентов подвижной фазы ацетонитрила и 8 мМ раствора KH_2PO_4 в воде. Состав подвижной фазы (% ацетонитрила) менялся по следующему закону: 0–3 мин. – 20 %, 3–3,5 мин. – 20–22 %, 3,5–14,5 мин. – 22–26 %, 14,5–15 мин. – 26–29 %, 15–26 мин. – 29–36 %, 26–74 мин. – 36–90 %, 27–29 мин. – 90 %. Объем пробы 45 мкл.

Изложение и интерпретация результатов. Цикл субкультивирования всех исследуемых культур составляет 14 дней, но в эксперименте ростовые характеристики анализировали в течение 21 суток выращивания.

Полученные результаты в полулогарифмической системе координат представлены на рис. 1 (а, б, в).

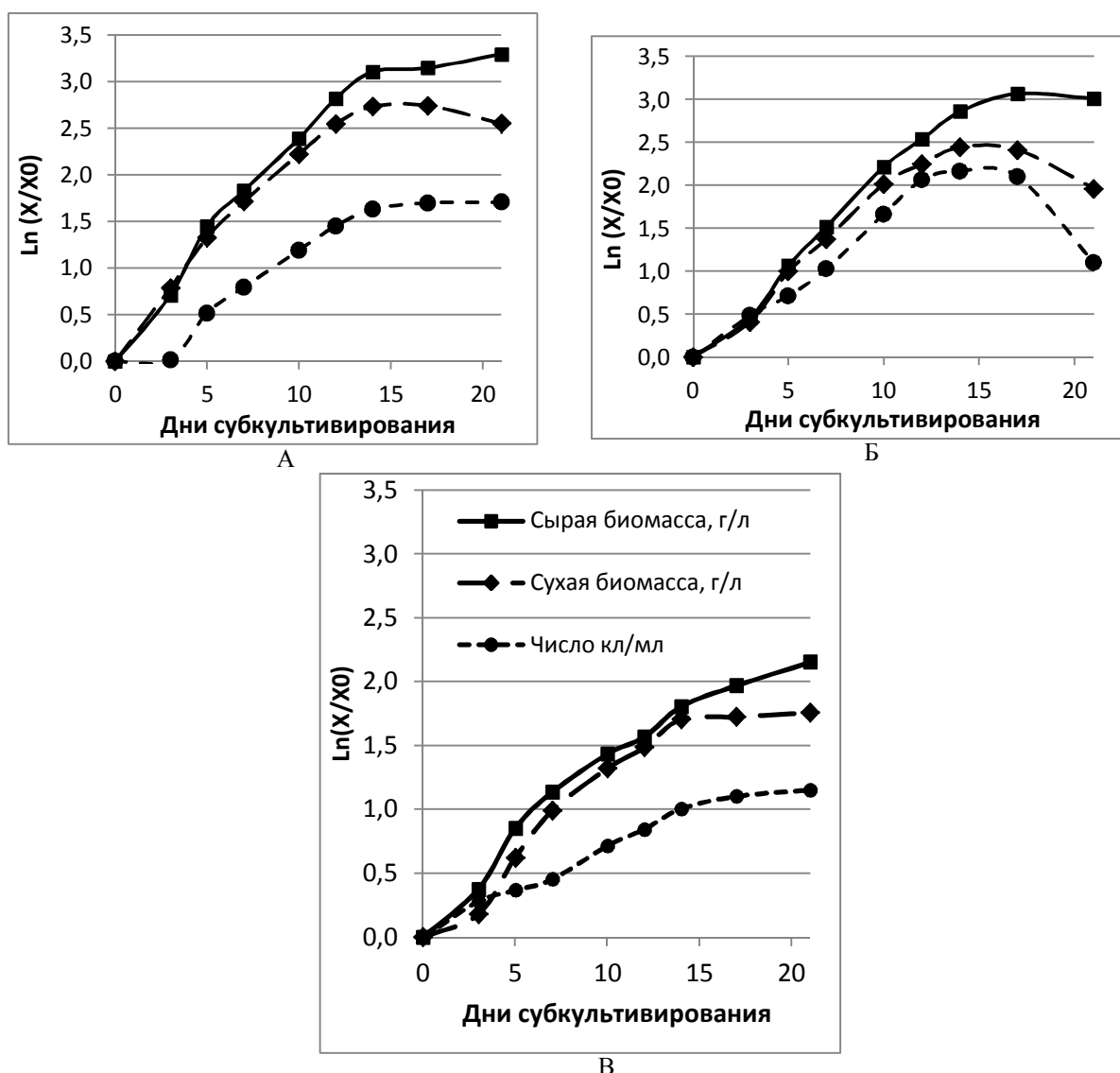


Рис. 1. Кривые роста суспензионной культуры *P. fruticosa*: А – новый штамм *Polyscias fruticosa*; Б – новый штамм *Polyscias filicifolia*; В – коллекционный штамм *Polyscias filicifolia*

Из представленных графиков следует, что ростовые кривые по содержанию сухой и сырой биомассы обоих штаммов полисциаса при данных условиях выращивания характеризуются отсутствием лаг-периода. В то же время для штамма *P. fruticosa* показана лаг-фаза длительностью 3 суток для кривой роста, описывающей изменение числа клеток в суспензии. Экспоненциальная фаза всех штаммов длится до 14 суток субкультивирования. В кривых роста по сухой биомассе с 14 суток начинается фаза стационара, но у коллекционного штамма она продолжается и на 21 сутки, а у новых – лишь до 17 суток, затем наступает фаза деградации.

Для всех штаммов показано увеличение соотношения сырой и сухой биомассы в заключительных фазах роста, что связано с накоплением воды в вакуолях в процессе старения клеток.

Жизнеспособность клеток до 17 суток субкультивирования для *P. fruticosa* составляла 91–97 %, для нового штамма *P. filicifolia* – 92–99 %, для коллекционного – 93–100 %. После 17 суток жизнеспособность культур снижалась.

На рис. 2 представлены кривые роста по сухой биомассе всех штаммов полисциаса в нормальной системе координат.

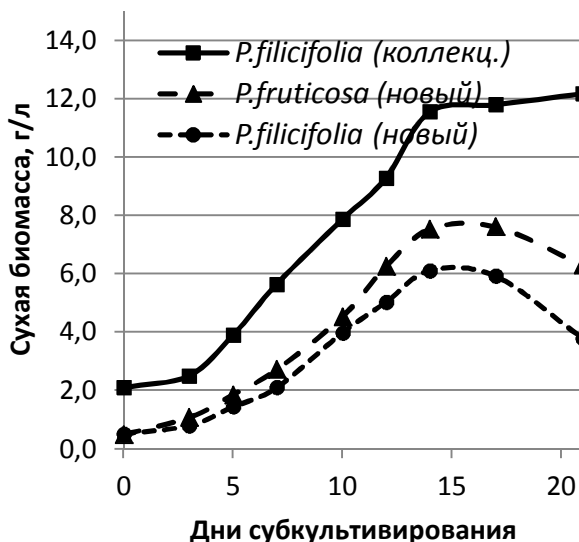


Рис. 2. Кривые роста по сухой биомассе трех штаммов полисциаса

Из представленных графиков следует, что коллекционный штамм *P. filicifolia* характеризуется большим накоплением биомассы (до 12 г/л), чем новые штаммы (до 6,1 г/л для *P. filicifolia* и до 7,6 г/л для *P. fruticosa*). Однако следует отметить различие в начальной плотности посадки культур – 0,5 г/л (по сухой массе) для новых штаммов и 2 г/л для коллекционного.

Было показано, что коллекционный штамм представлен более крупными клетками, чем молодые. Это подтверждается и тем фактом, что при различной начальной плотности трех штаммов по сухой биомассе (0,5 г/л для новых и 2 г/л для коллекционного) начальные значения числа клеток в 1 мл были схожи: $9,3 \cdot 10^5$ кл/мл для коллекционного штамма *P. filicifolia*, $12,6 \cdot 10^5$ кл/мл для коллекционного штамма *P. filicifolia* и $10,2 \cdot 10^5$ кл/мл для *P. fruticosa*.

На рис. 3, а и 3, б представлены фотографии клеток новых штаммов, а на рис. 3, в – коллекционного штамма в конце экспоненциальной фазы роста. Морфология клеток новых штаммов схожа. Эти культуры представлены преимущественно клетками мери-

стемоподобного типа, собранными в агрегаты размером от 20 до 200 мкм (рис. 3, а, 3, б). Коллекционный штамм представлен более крупными, паренхимоподобными клетками (рис. 3, в).

Сравнение ростовых параметров исследуемых культур клеток, рассчитанных по сухой биомассе, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры роста исследуемых культур клеток

Культура	$X_{\max}$	I	μ	T	Y
<i>P. filicifolia</i> (коллекц.)	12,18	5,09	0,20	2,29	0,34
<i>P. filicifolia</i> (новый)	6,11	10,98	0,29	2,39	0,19
<i>P. fruticosa</i> (новый)	7,61	14,53	0,29	2,39	0,24

Примечание: $X_{\max}$ – максимальное накопление биомассы (г/л), I – индекс роста, μ – удельная скорость роста в экспоненциальной фазе (сут.⁻¹), τ – время удвоения (сут.), Y – экономический коэффициент.

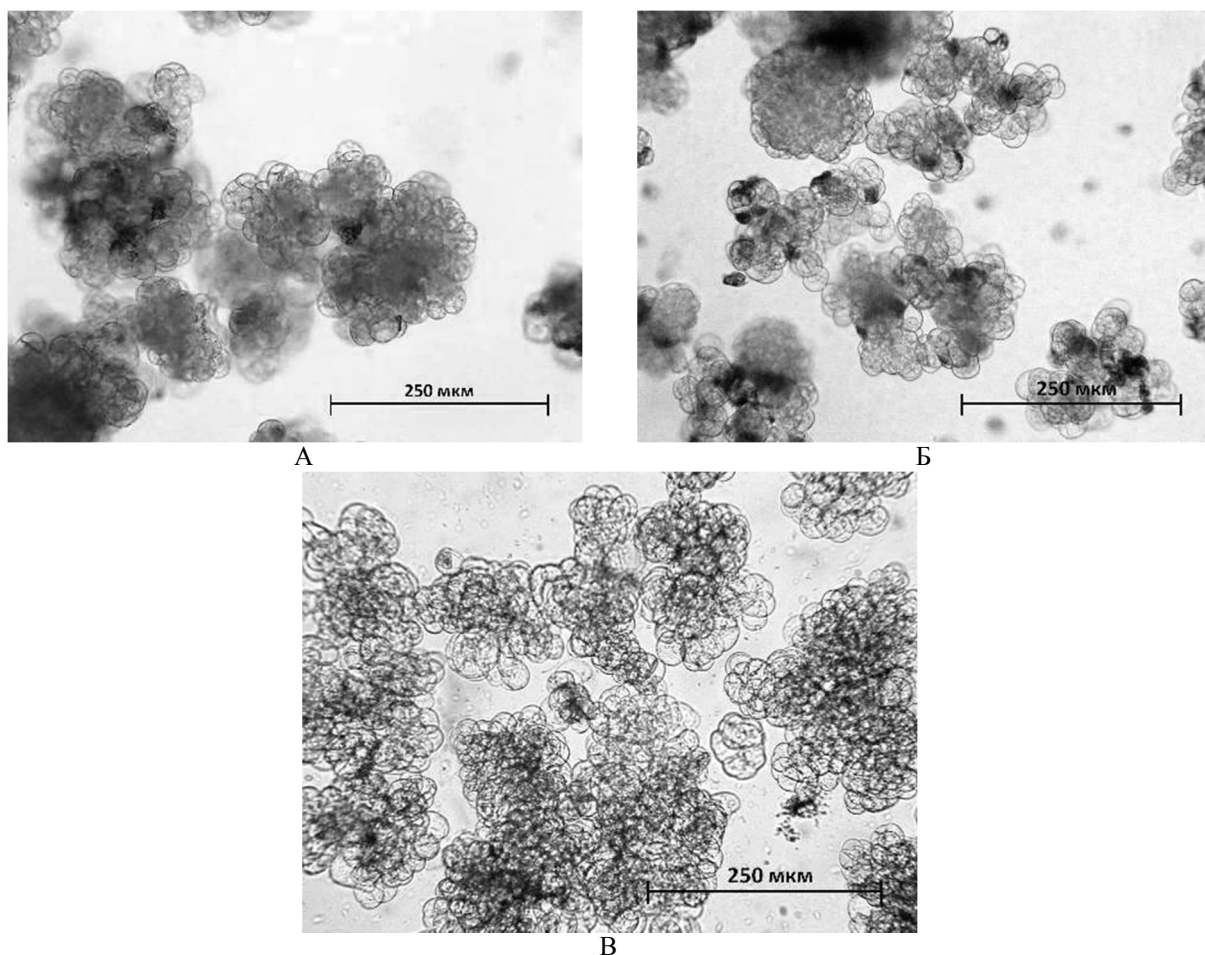


Рис. 3. Культура клеток *P. filicifolia*: А – новый штамм *Polyscias fruticosa*; Б – новый штамм *Polyscias filicifolia*; В – коллекционный штамм *Polyscias filicifolia*

Из представленных результатов следует, что у коллекционного штамма ниже индекс роста и немного ниже удельная скорость роста, по сравнению с молодыми штаммами полисциаса. Самый высокий индекс роста отмечен у культуры *P. fruticosa*. Экономический коэффициент выше у коллекционного штамма полисциаса. Удельная скорость роста молодых штаммов одинакова.

Важным этапом работы была оценка содержания тритерпеновых гликозидов в экстрактах исследуемых культур клеток *Polyscias*.

На тонкослойных хроматограммах экстрактов из биомассы коллекционного штамма *P. filicifolia* пятен, соответствующих тритерпеновым гликозидам, обнаружить не удалось. При этом ТСХ экстрактов из нового штамма *P. filicifolia* показала наличие четырех (R_f : 0,098; 0,12; 0,19; 0,22, соответственно), а из *P. fruticosa* – двух пятен (R_f : 0,12; 0,19), имеющих типичную для тритерпеноидов синюю окраску.

Для более детального выяснения химической природы обнаруженных соединений был проведен полный кислотный гидролиз суммарной гликозидной фракции (СГФ) из новых штаммов *P. filicifolia* и *P. fruticosa*. При этом ТСХ гидролизатов СГФ показала наличие в обоих случаях в качестве основного продукта вещества с хроматографической подвижностью, идентичной олеаноловой кислоте: R_f в системе 1 – 0,63, а в системе 2 – 0,48 (рис. 4).

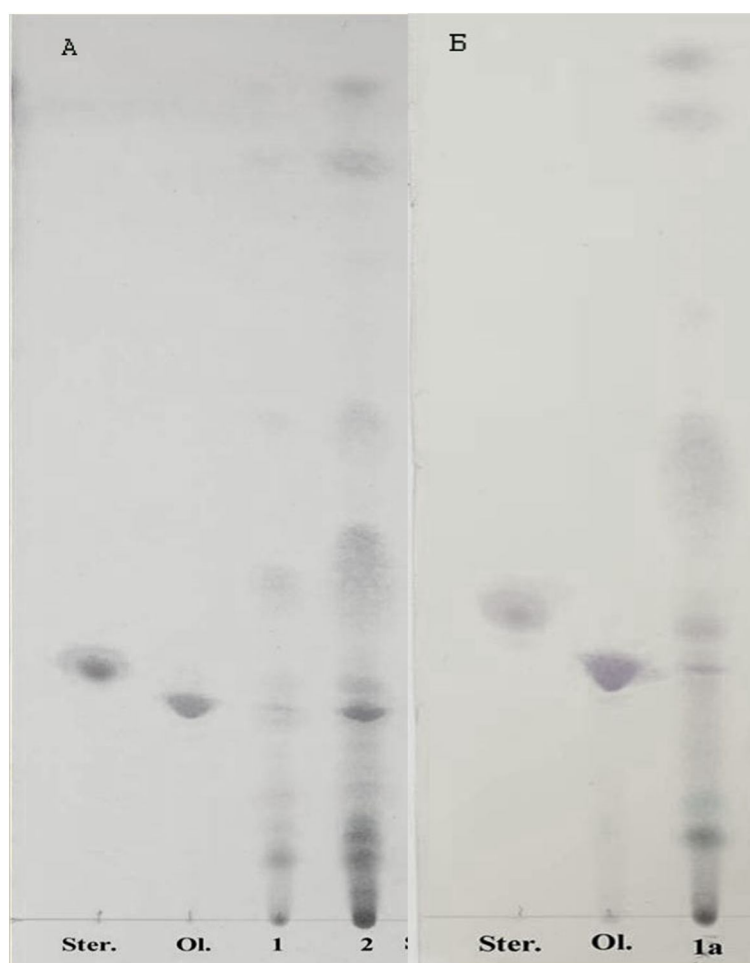


Рис. 4. ТСХ анализ продуктов полного кислотного гидролиза суммарной гликозидной фракции (СГФ) из биомассы культуры клеток новых штаммов: А – *P. filicifolia*, Б – *P. fruticosa*, система бензол : этилацетат (1:1); (Ster. – стандарт β -ситостерина; Ol. – стандарт олеаноловой кислоты; 1, 2 – эфирный экстракт гидролизата СГФ из *P. filicifolia* 5 и 10 мкл, соответственно; 1а – эфирный экстракт гидролизата СГФ из *P. fruticosa*, 5 мкл.)

Более того, кислотный гидролиз индивидуальных гликозидов, полученных с помощью полупрепаративной ТСХ, также в качестве основного продукта дал вещество, идентичное по своим хроматографическим характеристикам стандарту олеаноловой

кислоты. Следует заметить, что ранее другими авторами уже предпринимались попытки обнаружения тритерпеновых гликозидов в культурах тканей *P. filicifolia* [8,12]. Однако установление химической природы агликона найденных гликозидов в данных работах не проводилось. Таким образом, это первое сообщение о выделении из биомассы культур клеток двух видов полисциаса тритерпеновых гликозидов и идентификации их агликона.

Факт отсутствия тритерпеновых гликозидов в биомассе коллекционного штамма *P. filicifolia*, который к моменту исследования поддерживался в растущем состоянии более 15 лет, требует дополнительного изучения. Однако из опубликованных в литературе данных хорошо известно, что длительное культивирование часто приводит к существенному вырождению спектра вторичных метаболитов в культурах клеток и тканей высших растений *in vitro* [1].

Поскольку хроматография в тонком слое сорбента характеризуется ограниченной разрешающей способностью, особенно в отношении таких высоко полярных соединений, как тритерпеновые гликозиды, для детального выяснения компонентного состава гликозидов был проведен ВЭЖХ анализ спиртовых экстрактов культур клеток двух новых штаммов *Polyscias*. При этом обнаружение тритерпеновых гликозидов на ВЭЖХ хроматограммах проводили с использованием в качестве стандартных образцов индивидуальных гликозидов, полученных с помощью полупрепаративной ТСХ. На ВЭЖХ хроматограмме спиртового экстракта из биомассы «нового» штамма *Polyscias filicifolia* были обнаружены десять пиков, элюирующихся в пределах 7,8–24,7 мин. (рис. 5, I). Основными были компоненты со временем удерживания 11,05 и 14,30 мин. (на рис. 5 обозначены 1 и 2, соответственно). В то же время, на хроматограмме спиртового экстракта из биомассы *Polyscias fruticosa* обнаруживались только пять основных пиков, которые вымывались из колонки в интервале 10,1–24,9 мин. (рис. 5, II). Время удерживания главных компонентов было 10,1; 14,28 и 24,9 мин.

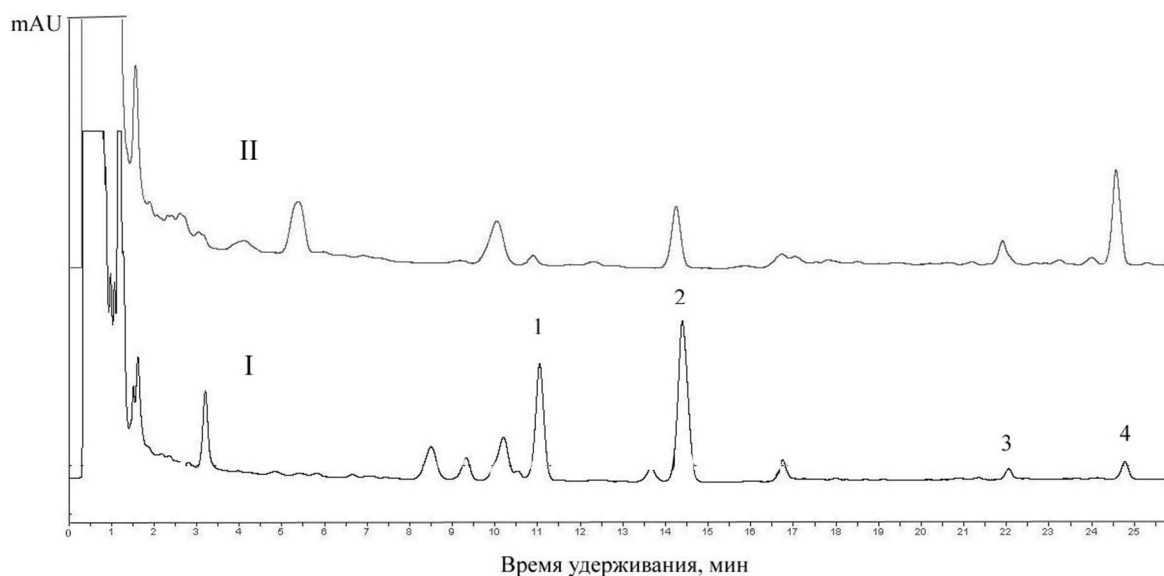


Рис. 5. ВЭЖХ профили спиртовых экстрактов из биомассы «новых» штаммов *P. filicifolia* (I) и *P. fruticosa* (II) (1-4 — тритерпеновые гликозиды, стандартные образцы которых выделены с помощью полупрепаративной ТСХ)

Сравнение описанных ВЭЖХ профилей двух видов полисциаса показывает, что суспензия клеток *in vitro* *P. filicifolia* характеризовалась большим разнообразием и количественным содержанием гликозидов олеаноловой кислоты, чем суспензия клеток *in vitro* *P. fruticosa*. При этом общими для этих двух культур клеток были гликозиды со временем удерживания 11,1; 14,3; 22,1 и 24,7 мин.

Выводы. Показаны различия в ростовых характеристиках как между культурами разных видов полисциаса, так и между разными штаммами одного вида. Молодые штаммы полисциаса отличались более высокими показателями роста, чем коллекционный штамм.

Выявлено наличие тритерпеновых гликозидов в экстрактах обоих штаммов полисциаса. Агликоном этих соединений предположительно является олеаноловая кислота. Новый штамм культуры клеток полисциаса папоротниколистного характеризуется большим разнообразием тритерпеновых гликозидов, чем штамм полисциаса кустарникового.

Список литературы

1. Verpoorte, R. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites / R. Verpoorte, A. Contin, J. Memelink // *Phytochemistry Reviews*. – 2002. – № 1. – P. 13-25.
2. Котин, А.М. В поисках средства от всех заболеваний / А.М. Котин. – СПб: ЗАО НПФ «Биофармтокс», 2001. – 26 с.
3. Duhan, O.M. The antimutagenic activity of biomass extracts from the cultured cells of medicinal plants in the Ames test / O.M. Duhan, I.R. Baryliak, T.I. Nester, A.S. Dvornyk, V.A. Kunakh // *Tsitol. Genet.* – 1999. – Vol. 33. – No 6. – P. 19-25.
4. Лекис, А.В. Влияние культивируемых клеток полисциаса на биосинтез белка в печени кроликов / А.В. Лекис, Т.К. Машанаускас, Л.Л. Иванов, Л.Ю. Лукошвичус и др. // *Химико-фармацевтический журнал*. – 1988. – Т. 22. – № 8. – С. 970-973.
5. Furmanowa, M. Antimicrobial activity of *Polyscias filicifolia* cell biomass extracts / M. Furmanowa, A.M. Nosov, A.V. Oreshnikov, A.G. Klushin et al. // *Pharmazie*. – 2002. – Vol. 57(6). – P. 424-426.
6. Kasauskas, A. Effect of anoxia and *Polyscias filicifolia* Bailey biomass tincture on the activity of tRNA and aminoacyl-tRNA synthetases in isolated pig heart / A. Kasauskas, H. Rodovicius, D. Viezeliene // *Medicina (Kaunas)*. – 2009. – Vol. 45(6). – P. 486-492.
7. Слепая, Л.И. Культура тканей некоторых видов рода *Polyscias* J.R. et G. Forst (Araliaceae) / Л.И. Слепая, Н.Н. Арнаутов, И.В. Грушвицкий // *Растительные ресурсы*. – 1975. – Т. 11. – Вып. 2. – С. 198-204.
8. Слепая, Л.И. Химическое и фармакологическое изучение биомассы культуры тканей *Polyscias filicifolia* Bailey / Л.И. Слепая, Л.А. Джабава, И.А. Лощина // *Растительные ресурсы*. – 1975. – Т. 11. – Вып. 4. – С. 523-528.
9. Суханова, Е.С. Получение и характеристика каллусных и суспензионных культур клеток *Polyscias filicifolia* и *Polyscias fruticosa* / Е.С. Суханова, Н.Д. Черняк, А.М. Носов // *Биотехнология*. – 2010. – № 4. – С. 44-50.
10. Murashige, T. A Revised medium for rapid growth and bio assays with *Tobacco* tissue culture / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* – 1962. – Vol. 15. – P. 473-495.
11. Носов, А.М. Культура клеток высших растений: от фундаментальных исследований к практическому применению / А.М. Носов // *Методы культивирования клеток*; Под ред. Пинаева Г.П., Богдановой В.П. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С. 95-118.
12. Кунах, В.А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи / В.А. Кунах. – Киев: «Логос», 2005. – 730 с.

Статья поступила в редакцию 30.04.12.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственный контракт № 16. 552.11.7050), Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-0490432-04-270-Укр_ф_а) и Межгосударственной целевой программы ЕвразЭС «Инновационные биотехнологии» (государственный контракт № 16.M04.12.0003).

E. S. Sukhanova, D. V. Kochkin, M. V. Titova, A. M. Nosov

GROWTH AND BIOSYNTHETIC CHARACTERISTICS OF DIFFERENT *POLYSCIAS* PLANT CELL CULTURE STRAINS

Comparison of growth and bioartificial characteristic features of three strains of suspension cultures of Polyscias fruticosa and Polyscias filicifolia is carried out (Polyscias fruticosa and Polyscias filicifolia are producers of triterpene glycosides). The strains considerably differ from each other in cultivation period in vitro. One strain of Polyscias filicifolia was produced more than 15 years ago and it was lodged in the All-Russian Culture Collection of Higher Plants Cells (a collection strain), two other strains («new» strains) were produced five years ago (about 100 cycles of subculturing in vitro). The specific growth rate is quicker in the «new» strains, but the biomass accumulation is quicker in the collection strain. Absence of a lag phase at the growth curve is a typical feature for all the strains. According to the results of the cytological examination, the collection strain has larger cells. Unlike collection strain, Polyscias new strains contain triterpene glycosides with oleanolic acid as aglycone. P. filicifolia suspension culture is characterized by larger diversity of glycosides.

Key words: *Polyscias fruticosa, Polyscias filicifolia, polyscias, suspension culture, oleanolic acid, triterpene glycosides.*

СУХАНОВА Елена Сергеевна – научный сотрудник кафедры физиологии растений Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Россия, Москва). Область научных интересов – биология культивируемых клеток *in vitro*, вторичный метаболизм. Автор 11 публикаций.

E-mail: mushilda@mail.ru

КОЧКИН Дмитрий Владимирович – научный сотрудник кафедры физиологии растений биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Россия, Москва). Область научных интересов – физиология растений. Автор семи публикаций.

E-mail: info@mail.bio.msu.ru

ТИТОВА Мария Владимировна – научный сотрудник лаборатории физиологии культивируемых клеток Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН (Россия, Москва). Область научных интересов – биология культивируемых клеток *in vitro*. Автор 12 публикаций.

E-mail: titomirez@newmail.ru

НОСОВ Александр Михайлович – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Россия, Москва). Область научных интересов – биология культивируемых клеток *in vitro*, вторичный метаболизм, биотехнология. Автор 270 научных и учебно-методических работ, в том числе пяти монографий и двух учебных пособий.

E-mail: al_nosov@mail.ru

УДК 626.882+502.2+532.525.2

О. Г. Введенский

ОБЕСПЕЧЕНИЕ АНАДРОМНЫХ МИГРАЦИЙ РЫБ ЧЕРЕЗ ВЫСОКОНАПОРНЫЕ ГИДРОУЗЛЫ

Анализируется воздействие ряда негативных факторов на отдельные популяции рыб, и в частности проблема перекрытия миграционных путей. Предложены несколько вариантов новых технических решений модернизации классических рыбоходных сооружений по восстановлению анадромных миграций рыб через каскады средне- и высоконапорных гидроузлов. Представлено математическое обоснование предлагаемых технических решений. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: гидроузел, каскад гидроузлов, рыбоход, нерестовая миграция рыб, естественное воспроизводство рыб, природоохранные мероприятия.

Введение. Проблема охраны живой природы и рационального природопользования является одной из самых актуальных в мире. Сейчас ясно, что без специальных мер охраны, рационального использования и эффективных комплексов инженерно-технических решений некоторые животные, в частности отдельные виды рыб, могут не выжить. Как показывают палеонтологические исследования, современная фауна рыб сформировалась в основном 9 – 10 млн. лет назад. С конца плиоцена (около 4 млн. лет назад) ведет свое начало большинство обитающих на Земле видов рыб, которые существуют и до настоящего времени. Рассматривая в историческом аспекте воздействие антропогенных факторов на рыб, можно выделить три этапа.

Первый, наиболее продолжительный, этап был связан с развитием земледелия – вырубкой лесов по водоразделам и берегам рек, распашкой больших земельных площадей, приведшего к изменению режима стока, обмелению рек и значительному сокращению нерестовых ареалов ряда ценных видов рыб.

Второй этап определялся развитием промышленности и интенсификацией промысла, однако на этом этапе воспроизводство многих проходных рыб осуществлялось еще за счет естественного нереста.

Третий этап, наступивший после зарегулирования стока рек плотинами гидроэлектростанций и другими гидротехническими сооружениями, характеризовался резким сокращением естественного воспроизводства многих видов рыб вплоть до полной утраты мест нереста.

Естественно, что на каждый последующий этап накладывались и все факторы предыдущих этапов. В последнее же время одними из негативных основных факторов стали прогрессирующее загрязнение водоемов и зарегулирование рек. Строительство плотин на внутренних реках и озерах вызывает тем самым перекрытие миграционных путей рыб, что особенно пагубно отражается на проходных и полупроходных видах рыб. Для данных видов рыб анадромные или нерестовые миграции особенно ярко выражены. Они кормятся в морях, но для размножения входят в реки. Анадромные миг-

рации свойственны главным образом рыбам Северного полушария: сельдевым, лососевым, осетровым и др. [1]. Их адаптивное значение заключается в том, что они способствуют устойчивому поддержанию границ ареала обитания и использованию его трофической части.

Анализ большого археологического материала и многочисленных письменных источников показывает, что ареалы отдельных видов осетровых оставались более или менее стабильными примерно до XVII–XVIII вв. и охватывали даже самые верхние участки бассейнов крупных рек в европейской части нашей страны – Днепра, Дона, Волги, Урала и др. Так, например, на Волге проходные осетровые (белуга, русский осетр, севрюга) поднимались в самые верхние ее участки, заходили во многие притоки – Каму, Вятку, Ветлугу, Клязьму, Оку и даже Москву-реку [2]. Численность их в реках была весьма высокой, что позволяло добывать этих рыб в значительных количествах. В раскопках древних поселений и городищ на Волге, датируемых VI – XIV вв., на долю остатков осетровых приходится до 65 – 70 % рыбных костей. Характерно, что в уловах преобладали очень крупные экземпляры: у белуги примерно пятую часть составляли особи длиной 4 – 6 м. В XX столетии случаи поимки таких гигантов исчислялись единицами. В XVII столетии среднегодовой улов осетровых рыб на Каспии доходил до 500 тыс. ц, в то время как в XX в., несмотря на многократно усиливающуюся интенсивность промысла, он редко когда превышал 100 – 150 тыс. ц. Резкое снижение численности этих рыб и сокращение их ареалов произошло на рубеже XIX и XX столетий и впоследствии все более усугублялось. В настоящее время осетровые Каспия находятся на грани исчезновения. Кроме того, сокращение ареалов отмечено и для большинства других проходных видов рыб, которые ныне отсутствуют в реках или в их отдельных участках, где прежде всего они встречались, и нередко в значительном количестве. Так, каспийский лосось (*Salmo trutta caspius*) еще в конце XIX в. поднимался высоко по Волге и заходил в ее притоки – Оку, Каму, Ветлугу, а в XIII в. даже в приток Оки – р. Клязьму. Белорыбицу (*Stenodus leucichthys leucichthys*) в XVIII в. промыслили в верховьях Волги у Ржева и Твери, в Оке у Калуги, а также в притоках Оки – Клязьме и Москве-реке. Помимо того, зарегулирование стока рек резко изменяет их гидрологические характеристики, что приводит к превращению лотических экосистем в лимнические. У туводных рыб вместо единого стада образуются два стада – выше плотины и ниже нее. Таким образом, зарегулирование стока, как правило, ведет к разрушению популяционной системы воспроизводства не только проходных (лососевые, осетровые и др.) и полупроходных (вобла, тарань, судак, жерех, лещ и др.), но и многих жилых видов рыбы (окунь, щука, линь и др.).

Анадромная миграция рыб в зарегулированных реках прекращается под первыми плотинами в каскаде гидроузлов. Величина наносимого ущерба зависит от доли нерестилищ, утраченных вследствие гидротехнического строительства. При этом зарегулирование стока в нижних участках рек имеет особенно негативные последствия, угрожая исчезновением или резким сокращением отдельных популяций и видов (проходных или полупроходных) рыб. Например, на Волге для проходных рыб после строительства Волгоградской плотины (около 700 км от моря) оказались отрезанными практически 100 % нерестилищ белорыбицы и белуги, 85 % осетра и 70 % проходных сельдей. Из 3600 га естественных нерестилищ осетровых осталось только 395 га. Лишь на двух плотинах (Волгоградской и Саратовской ГЭС) предусмотрены рыбопропускные сооружения (соответственно гидравлический и механический рыбоподъемники), которые в настоящее время по ряду причин, к сожалению, не эксплуатируются. Строительство плотин на внутренних реках и озерах в сочетании с другими антропо-

погенными факторами в наибольшей степени повлияло на сокращение ареалов ценных видов рыб, в первую очередь осетровых и лососевых.

Целью настоящей работы является совершенствование существующих конструкций рыбопропускных сооружений (РПС) и разработка технологий их работы, обеспечивающих восстановление анадромных миграций рыб на зарегулированных реках. Для этого поставлена следующая **задача**: существенно повысить эффективность работы рыбопропускных сооружений вне зависимости от величины напора на плотину гидроузла.

Решение поставленной задачи. В практике отечественного [3] и зарубежного гидростроительства [4, 5] все РПС делят на два основных вида: рыбоходы, по которым рыба движется самостоятельно, и рыбоподъемники, принудительно перемещающие рыб в верхний бьеф гидроузла. В связи с этим рыбоходы рекомендуют применять на низконапорных гидроузлах с напором до 10 м, а рыбоподъемники – на средне- и высоконапорных. Рыбоходы являются наиболее простыми в конструктивном отношении рыбопропускными сооружениями. При соответствующем конструктивном решении и правильно подобранных параметрах такие сооружения приемлемы для пропуска любых видов мигрирующих рыб. Условия нахождения рыб в таких сооружениях наиболее близки к речным условиям. С увеличением напора на плотину гидроузла будет возрастать и скорость транзитного потока в рыбоходном тракте, которая не должна превышать некоторого порогового значения [5]. Данное обстоятельство, являясь их главным недостатком, существенным образом ограничивает область применения рыбоходных сооружений.

Сносящие скорости транзитного водного потока для различных видов рыб

Виды рыб	Скорость течения, м/с
Лососи, форель, кумжа, жерех, щука	2,3...3,5
Усач, хариус, миноги	1,8...2,3
Сельди, подуст, краснопер	1,5...1,8
Белорыбица, осетр, севрюга, судак, язь	1,2...1,5
Сазан, лещ, окунь, линь, плотва	0,6...1,2

Рыбоподъемные сооружения могут быть устроены на гидроузлах с любым напором. Но, устраняя главный недостаток конструкций рыбоходов, рыбоподъемные сооружения приобретают также значительный ряд слабых сторон: цикличность действия, малые объемы рыбонакопителей (улавливающей части), большая искусственность условий для рыб, наличие большого количества движущихся элементов, дороговизна строительства и эксплуатации и др.

Выход из сложившихся противоречий можно найти в дальнейшем совершенствовании конструкций классических рыбоходов, как наиболее простых по конструкции и максимально приближенных к естественным условиям обитания рыб, по пути, обозначенному в работах [6–9]. Применяемая для этих целей технология использования гидравлических струй позволит восстановить анадромные миграции рыб на зарегулированных реках с каскадом высоконапорных плотин.

Предлагаемое техническое решение. Гидравлические струи позволяют нейтрализовать встречное течение во вливных отверстиях рыбоходного сооружения. В данном случае имеется возможность выполнить рыбоход применительно для высоконапорного гидроузла по классическому типу в виде лоткового или же в виде лестничного рыбохода. Такой рыбоход представляет собой быстроток (канал) прямо-

угольного сечения с уклоном дна, в котором установлены неполные поперечные перегородки или лоток со ступенчатым дном и поперечными перегородками с впускными отверстиями, образующий ряд бассейнов и перепадов между ними (рис. 1).

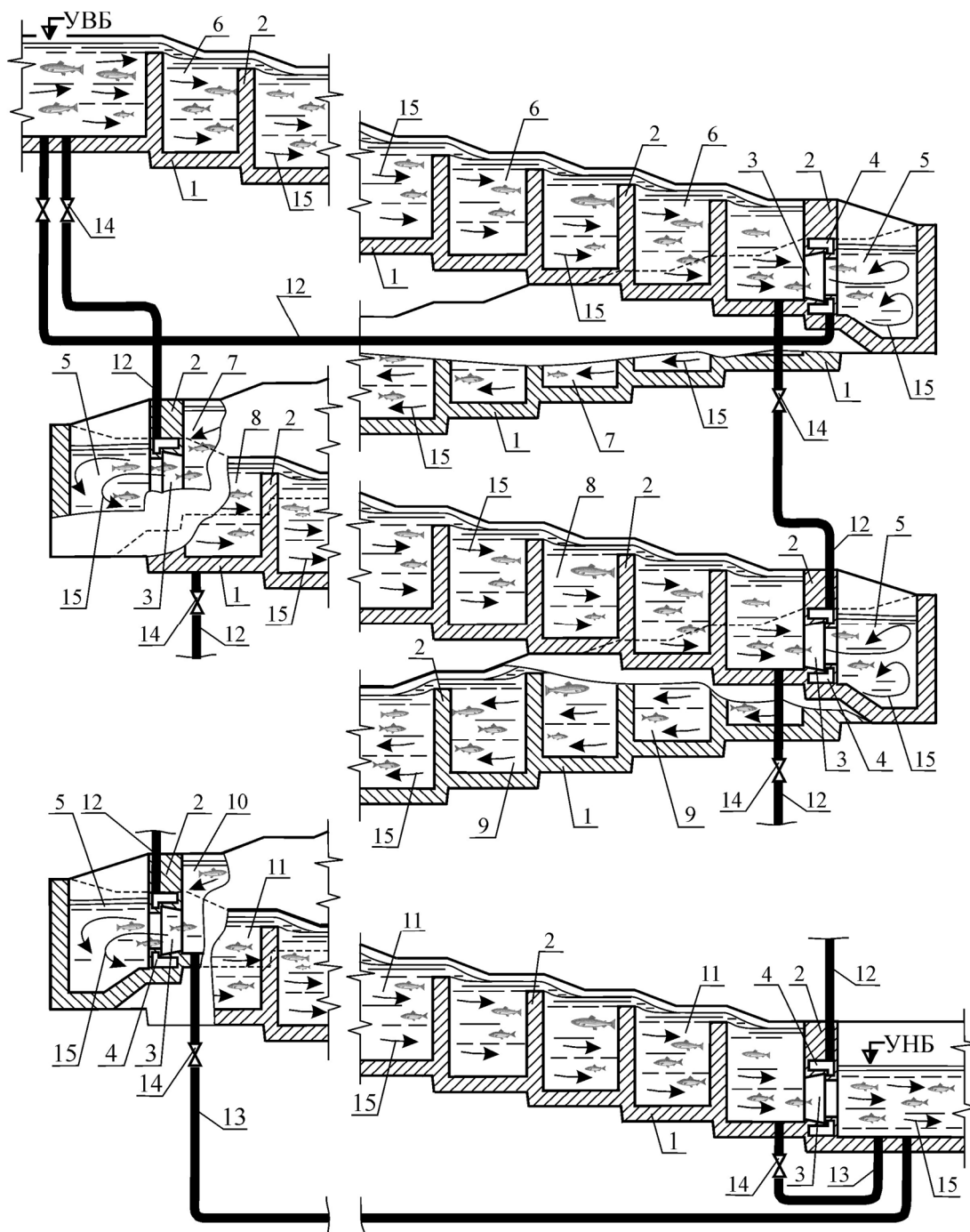


Рис. 1. Многомаршевый рыбоход для высоконапорного гидроузла на разрезе вертикальной плоскостью: 1 – рыбоходный тракт; 2 – вертикальные поперечные перегородки; 3 – впускные отверстия, оборудованные системами струеобразующих насадок; 4 – раздающие коллекторы, питающие системы струеобразующих насадок; 5 – бассейны рыбохода для отдыха; 6 – бассейны первой или верхней секции рыбохода; 7 – бассейны второй секции рыбохода; 8 – бассейны третьей секции рыбохода; 9 – бассейны четвертой секции рыбохода; 10 – бассейны предпоследней секции рыбохода; 11 – бассейны последней или нижней секции рыбохода; 12 – обводные напорные трубопроводы; 13 – отводящие трубопроводы; 14 – задвижки; 15 – направление привлекающего рыб потока

В некоторых полных внутренних поперечных перегородках рыбохода вливные отверстия обрамляют потокоформирующим фартуком, где под его прикрытием в галереях размещают систему струеобразующих насадок, которые направляют в сторону верхнего бьефа и располагают под углом или параллельно к оси вливного отверстия (рис. 2). Подобная поперечная перегородка совместно с нижерасположенной поперечной перегородкой, у которой вливное отверстие без насадок, образуют бассейны рыбохода для отдыха, делящие рыбоход на секции.

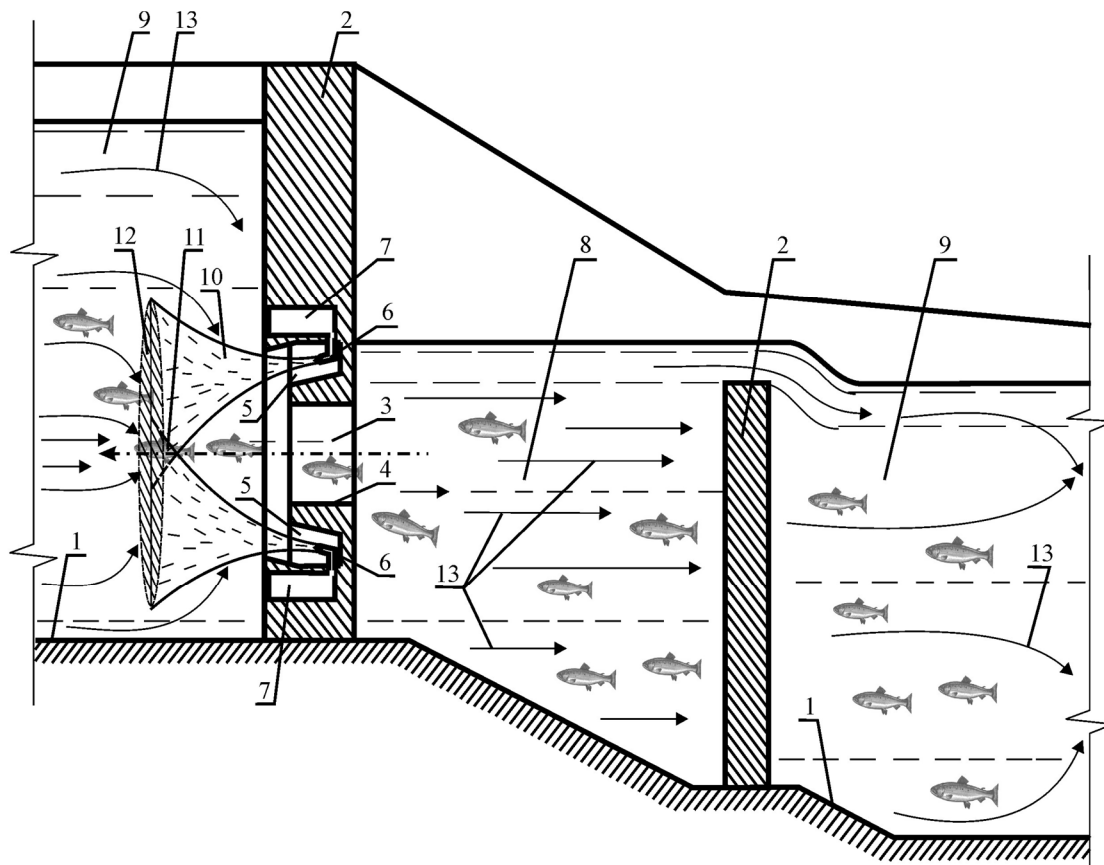


Рис. 2. Бассейн рыбохода для отдыха на разрезе вертикальной плоскостью со схемой создания гидравлических условий для отдыха двигающихся по рыбоходу рыб: 1 – рыбоходный тракт; 2 – вертикальные поперечные перегородки; 3 – вливное отверстие; 4 – потокоформирующий фартук; 5 – галерея; 6 – струеобразующие насадки; 7 – раздающие коллекторы, питающие системы струеобразующих насадок; 8 – бассейн рыбохода для отдыха; 9 – бассейны секций рыбохода; 10 – ряды параллельных гидравлических струй; 11 – суммарный поток; 12 – зона «частично равных давлений»; 13 – направление привлекающего рыб потока

Благодаря такому сочетанию поперечных перегородок разных конструкций в бассейне рыбохода для отдыха получают заданные гидравлические условия, которые характерны для свободной реки. Данное техническое решение позволит использовать конструкции классических рыбоходов на средне- и высоконапорных гидроузлах, обеспечивая при этом высокую эффективность рыбопропуска при нерестовой миграции рыб. Кроме того, предлагаемый подход по совершенствованию конструкций классических рыбоходов открывает огромные перспективы создания конструкций рыбоходных сооружений, учитывающих в полной мере не только плавательную способность мигрирующих рыб (см. табл.), но и технические, а также технологические особенности самого гидроузла: компоновка гидроузла; высота плотины и ее тип;

режимы работы; гидрологическая обстановка в нижнем бьефе и др. Так, например, секции рыбохода могут состоять как из одинакового (см. рис. 1), так и различного числа камер рыбохода. Первый вариант рыбохода рассчитан на более сильных пловцов, второй – менее слабых. Во втором варианте по мере продвижения вверх по рыбоходу преодолеваемый рыбой напор между бассейнами рыбохода для отдыха будет уменьшаться, давая тем самым возможность чаще отдыхать двигающейся по рыбоходу рыбе. В то же время, конструкция рыбохода по первому варианту является более простой и легкой в управлении.

Математическая модель и экологическое обоснование предлагаемых технических решений. Гидравлические струи, истекая из струеобразующих насадок и взаимодействуя между собой, перед вливыми отверстиями бассейнов рыбохода для отдыха со стороны верхнего бьефа образуют противоток основному потоку (см. рис. 2). Начальную скорость противотока можно определить из следующего выражения [5, 6]:

$$V_{U0} = \varphi \frac{V_0 d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_{\text{э}}^{\frac{1}{3}} n}{9,514(h_{\text{э}} - b_{\text{э}})}, \quad (1)$$

где V_{U0} – начальная скорость противотока, м/с; V_0 – начальная скорость истечения гидравлических струй из струеобразующих насадок, м/с; d_{0n} – диаметр струеобразующих насадок, м; $b_{\text{э}}$ – расстояние между осями гидравлических струй, м; n – число струеобразующих насадок в ряду; $h_{\text{э}}$ – расстояние между плоскостями распространения гидравлических струй, м; φ – безразмерный коэффициент, определяемый опытным путем.

Противоток основному потоку на некотором расстоянии от плоскости, проходящей через выходные сечения насадок, перед вливым отверстием образует «зону частично равных давлений». В первом приближении математическое условие образования «зоны частично равных давлений» можно представить в виде:

$$V_{U0} = \sqrt{gH}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; H – напор противотока, м.

Противоток (гидравлическое сопротивление) обеспечивает поддержание расчётного уровня воды во внутренних бассейнах рыбохода путём пропуска транзитного расхода воды заданной величины через вливные отверстия, оборудованные системами струеобразующих насадок, и тем самым создание благоприятных условий для прохода рыб через вливные отверстия в сторону верхнего бьефа. Величина расхода транзитного или привлекающего рыб потока зависит от размеров вливного отверстия и скорости потока:

$$Q_{\text{ТРАНЗИТ}} = bhV_{\text{ПРИВЛЕК}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{ТРАНЗИТ}}$ – расход транзитного (привлекающего рыб) потока, м³/с; b – ширина вливного отверстия, м; h – высота вливного отверстия, м; $V_{\text{ПРИВЛЕК}}$ – величина скорости привлекающего рыб потока, м/с.

Благодаря образованию «зоны частично равных давлений», в нижерасположенном бассейне рыбохода формируют гидравлические условия, свободные от критических скоростей плавания для рыб. Данное обстоятельство позволяет на отдельных участках по длине рыбоходного тракта восстанавливать плавательную способность двигающимся по рыбоходу рыбам, предоставляя им возможность эффективного отдыха.

Используя выражения (1) и (2), получим формулу для нахождения величины напора

противотока H в сторону верхнего бьефа на поперечной перегородке бассейна рыбохода для отдыха:

$$H = \varphi_{\text{ПТ}} \frac{V_0^2 d_{0n}^{\frac{4}{3}} b_{\text{Э}}^{\frac{2}{3}} n^2}{g(h_{\text{Э}} - b_{\text{Э}})^2}, \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{ПТ}} = \varphi^2 / 90,52$ – коэффициент противотока.

Величина скорости привлекающего рыб потока $V_{\text{ПРИВЛЕК}}$, а значит и гидравлические условия в бассейнах рыбохода для отдыха зависят от разницы между действительным напором $H_{\text{ДЕЙСТВИТ}}$, приходящимся на вертикальную поперечную перегородку бассейна для отдыха, и напором противотока [8]:

$$V_{\text{ПРИВЛЕК}} = \varphi_{\text{П}} \sqrt{2g(H_{\text{ДЕЙСТВИТ}} - H)} \quad (5)$$

или, учитывая выражение (4), получим следующую зависимость:

$$V_{\text{ПРИВЛЕК}} = \varphi_{\text{П}} \sqrt{2gH_{\text{ДЕЙСТВИТ}} - \varphi_{\text{ПТ}} \frac{2V_0^2 d_{0n}^{\frac{4}{3}} b_{\text{Э}}^{\frac{2}{3}} n^2}{(h_{\text{Э}} - b_{\text{Э}})^2}}, \quad (6)$$

где $\varphi_{\text{П}}$ – безразмерный коэффициент привлекающего рыб потока, устанавливаемый опытным путём.

Скорость привлекающего рыб потока $V_{\text{ПРИВЛЕК}}$ следует назначать в соответствии с их плавательной способностью, проходящей через рыбоход рыбы (см. табл.). Анализируя выражение (5), видно, что привлекающая скорость $V_{\text{ПРИВЛЕК}}$, а вместе с ней, согласно формуле (3), и расход транзитного потока $Q_{\text{ТРАНЗИТ}}$ будет снижаться с увеличением V_0 , d_{0n} , n и с уменьшением $h_{\text{Э}}$, а также с увеличением $b_{\text{Э}}$ до значений, близких к $h_{\text{Э}}$. Это подтверждают и данные экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных условиях. Величина $h_{\text{Э}}$ определяется видовым и размерным составом проходящих через рыбоход видов рыб, а отсюда, соответственно, конструкцией вливного отверстия, поэтому скорость $V_{\text{ПРИВЛЕК}}$ и расход $Q_{\text{ТРАНЗИТ}}$ регулируют изменением начальной скорости истечения гидравлических струй из струеобразующих насадок V_0 , диаметра d_{0n} или числа n струеобразующих насадок. Кроме того, из формулы (5) можно получить зависимость для нахождения необходимой величины напора противотока $H_{\text{НЕОБХОД}}$ в зависимости от требуемой скорости привлекающего рыбу потока $V_{\text{ПРИВЛЕК}}$:

$$H_{\text{НЕОБХОД}} = H_{\text{ДЕЙСТВИТ}} - \frac{V_{\text{ПРИВЛЕК}}^2}{2\varphi_{\text{П}}^2 g}. \quad (7)$$

Реализация предлагаемой технологии обеспечения анадромных миграций рыб через высоконапорные гидроузлы требует подачи воды в системы струеобразующих насадок вливных отверстий бассейнов рыбохода для отдыха. Систему струеобразующих насадок питают от раздающих коллекторов, которые в свою очередь соединены посредством обводных трубопроводов с вышерасположенными участками рыбохода или верхним бьефом гидроузла (см. рис. 2). Используя выражение (4), можно получить формулу для вычисления потребляемого секундного расхода через систему струеобразующих насадок в зависимости от необходимого напора противотока $H_{\text{НЕОБХОД}}$:

$$Q = \frac{\pi \cdot H_{\text{НЕОБХОД}}^{\frac{1}{2}} \cdot d_{0n}^{\frac{4}{3}} (h_{\text{э}} - b_{\text{э}}) g^{\frac{1}{2}}}{2\varphi_{\text{ПТ}}^{\frac{1}{2}} b_{\text{э}}^{\frac{1}{3}}}, \quad (8)$$

где Q – потребляемый секундный расход воды через струеобразующие насадки, м³/с; $H_{\text{НЕОБХОД}}$ – необходимый напор противотока, м; d_{0n} – диаметр струеобразующих насадок, м; $h_{\text{э}}$ – расстояние между плоскостями распространения гидравлических струй, м; $b_{\text{э}}$ – расстояние между осями гидравлических струй, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; $\varphi_{\text{ПТ}}$ – безразмерный коэффициент противотока.

При таком подходе достигаемый напор противотока $H_{\text{ДОСТИГ}}$ перед вливным отверстием поперечной перегородки бассейна рыбохода для отдыха будет зависеть от суммы локальных перепадов на предшествующих со стороны верхнего бьефа поперечных перегородках до места забора воды, необходимой для питания насадок:

$$H_{\text{ДОСТИГ}} = \sum_{k=1}^n H_k - h_{\omega_n}, \quad (9)$$

где $H_{\text{ДОСТИГ}}$ – достигаемый напор противотока перед вливным отверстием поперечной перегородки бассейна рыбохода для отдыха, м; $\sum_{k=1}^n H_k$ – сумма локальных перепадов на предшествующих со стороны верхнего бьефа поперечных перегородках от рассматриваемой поперечной перегородки бассейна рыбохода для отдыха до места забора воды для питания насадок, м; h_{ω_n} – потери напора в подающем трубопроводе и питающем коллекторе системы струеобразующих насадок вливного отверстия поперечной перегородки бассейна рыбохода для отдыха, м.

Тогда для обеспечения эффективной работы рыбохода предлагаемых конструкций необходимо, чтобы $H_{\text{НЕОБХОД}} \leq H_{\text{ДОСТИГ}}$ или, учитывая выражение (9), получим следующее:

$$H_{\text{НЕОБХОД}} \leq \sum_{k=1}^n H_k - h_{\omega_n}. \quad (10)$$

Формула (10) является математическим условием обеспечения питания струеобразующих насадок. Как показывают теоретические и экспериментальные исследования, в целях обеспечения безопасности мигрантов, а также достижения высокой экономичности технологии рыбопропуска, величину необходимого напора противотока $H_{\text{НЕОБХОД}}$ не следует назначать более 1 м. При этом, на участке коллектора, питающего струеобразующие насадки, распределение воды будет осуществляться непрерывно и равномерно. В этом случае потери напора h_{ω_n} будут в три раза меньше потерь при подаче того же расхода транзитом.

Помимо того, с целью обеспечения стабильной работы рыбохода необходимо достичь равенства подаваемых расходов воды Q (8) через струеобразующие насадки в соответствующие бассейны рыбохода и забираемых расходов Q'' из этих же бассейнов для питания нижерасположенных систем насадок, тем самым сохраняя равновесное состояние в бассейнах рыбохода. Отсюда следует, что вторым необходимым условием успешного функционирования рыбохода предлагаемых конструкций является выполнение следующего условия для всех секций рыбохода:

$$Q_n = Q_n'', \quad (11)$$

где Q_n – потребляемый секундный расход воды через струеобразующие насадки вливного отверстия n -й поперечной перегородки бассейна рыбохода для отдыха, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_n'' – отводимый секундный расход воды из n -го бассейна рыбохода (нумерация поперечных перегородок и бассейнов рыбохода ведется со стороны верхнего бьефа), $\text{м}^3/\text{с}$.

Расход воды, используемый для питания систем струеобразующих насадок вливных отверстий бассейнов рыбохода для отдыха со стороны нижнего бьефа и сбрасываемый в нижний бьеф гидроузла, целесообразно использовать для усиления привлекающего потока на входе в рыбоходное сооружение (см. рис. 1). Для этой цели необходимо увеличить ширину самого нижнего бассейна рыбохода для отдыха и по всей длине поперечной перегородки выполнить вливное отверстие, образуя тем самым входной оголовок рыбохода [10]. Такая конструкция входного оголовка рыбохода и увеличение размера привлекающего шлейфа позволяют повысить эффективность привлечения рыб в рыбоход.

Краткие результаты экспериментальных исследований. Возможность использования предлагаемой технологии для восстановления анадромных миграций рыб через высоконапорные гидроузлы была проверена экспериментально на лабораторной модели масштабом $\lambda_L = 10$. При проведении лабораторных исследований за основной критерий гидродинамического подобия был принят критерий подобия Фруда. Для возможности применения выражения (4) на практике были вычислены значения коэффициента противотока $\varphi_{\text{ПТ}}$ для различных конфигураций расположения струеобразующих насадок, представленные в виде графических зависимостей (рис. 3).

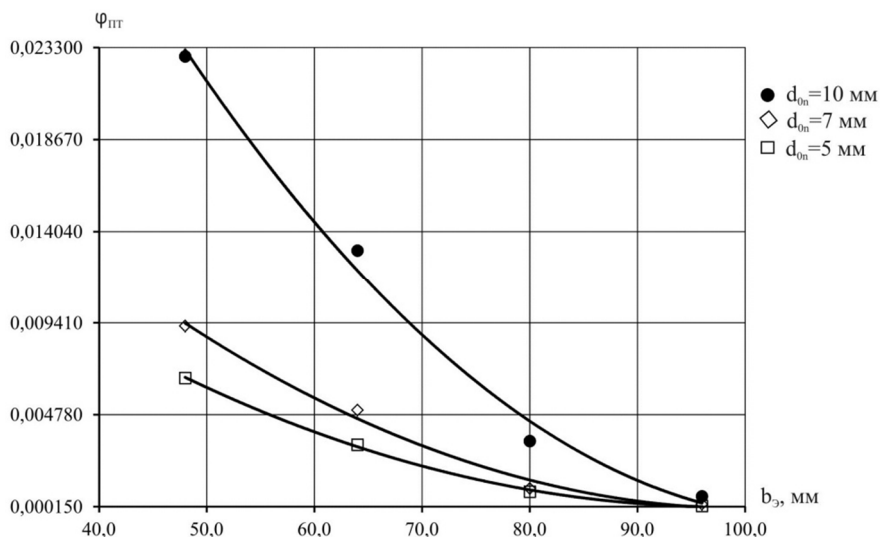


Рис. 3. Графическая зависимость изменения значения коэффициента противотока $\varphi_{\text{ПТ}}$ от величины расстояния между осями гидравлических струй $b_{\text{э}}$ для струеобразующих насадок различных диаметров $d_{\text{он}}$, полученная на гидравлической модели масштабом $\lambda_L = 10$

Также в ходе проведенных экспериментов выявлено, что факторами, существенно влияющими на значение коэффициента привлекающего рыбу потока $\varphi_{\text{П}}$, оказались величина напора противотока H , расстояние между осями гидравлических струй $b_{\text{э}}$, а

также диаметр струеобразующих насадок d_{0n} (рис. 4). Установлено, что значение коэффициента ϕ_{Π} колеблется в пределах 0,3...0,7 в зависимости от перечисленных выше факторов и соответственно от размеров вливающего отверстия.

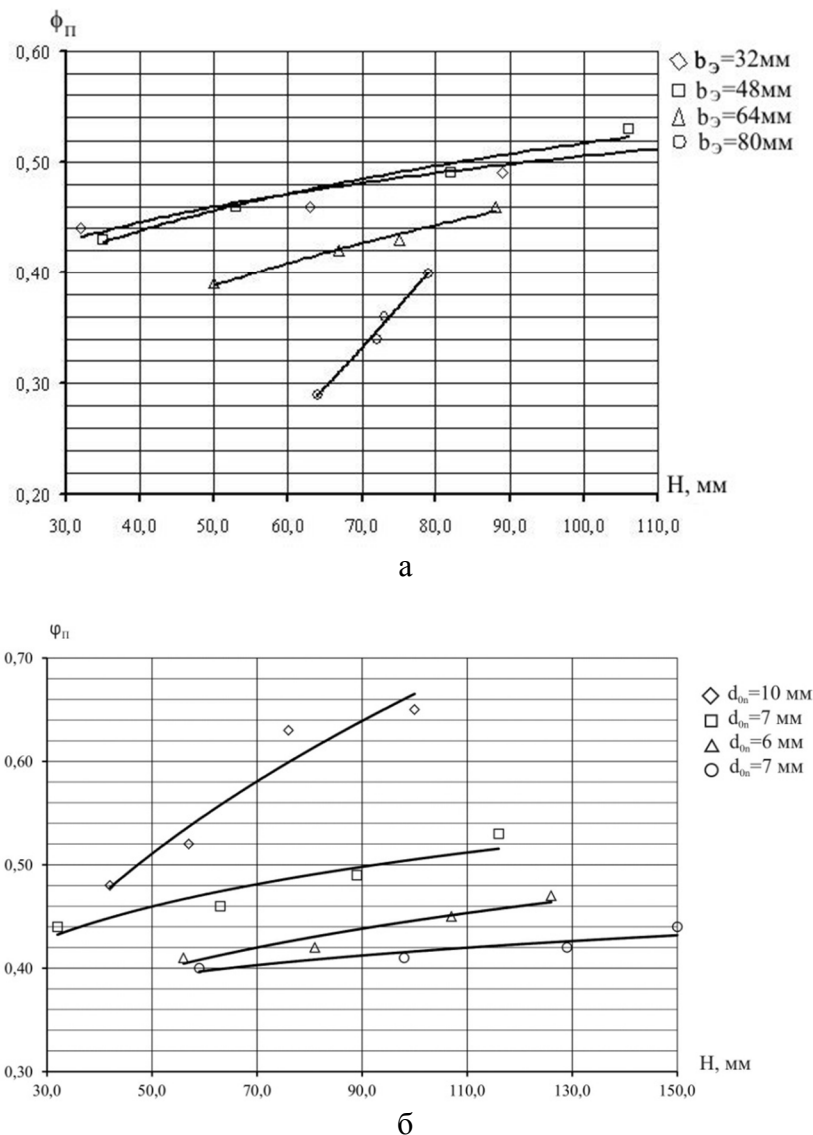


Рис. 4. Графические зависимости изменения значения коэффициента привлекающего рыбу потока ϕ_{Π} от величины напора противотока H , полученные на гидравлической модели масштабом $\lambda_L = 10$:

а) диаметр струеобразующих насадок $d_{0n} = 7$ мм при различных расстояниях между осями гидравлических струй b_{Σ} ; б) расстояние между осями гидравлических струй $b_{\Sigma} = 32$ мм при различных диаметрах струеобразующих насадок

Заключение. Предлагаемая технология обеспечения анадромных миграций рыб через каскады высоконапорных гидроузлов позволяет подойти к решению проблемы восстановления естественного воспроизводства проходных и полупроходных видов рыб на зарегулированных реках. Решение данной проблемы крайне важно для сохранения популяций многих видов рыб. На водоемах, подверженных отрицательному техно-

генному воздействию, нельзя полностью полагаться на искусственное компенсационное рыборазведение, так как в результате его происходит снижение генетического разнообразия из-за использования ограниченного числа особей для получения половых продуктов. У видов, обладающих сложной популяционной структурой, этому также способствует использование для воспроизводства представителей только какого-то одного локального стада или экологической формы. Происходит снижение уровня белкового полиморфизма, утрата аллелей и обеднение генофонда и, как результат, снижение уровня генетической изменчивости. Это отрицательно отражается на генетическом популяционном гомеостазе, т. е. на наборе генетически обусловленных реакций, обеспечивающих устойчивость развития организма в меняющихся условиях среды, поэтому уменьшение генетической гетерогенности в результате искусственного разведения приводит популяцию к вырождению.

С технической стороны предлагаемая технология дает возможность модернизировать конструкции классических рыбоходов с возможностью их использования на средне- и высоконапорных гидроузлах, сохраняя при этом простоту конструкции и эксплуатации, а также естественность условий рыбопропуска. Кроме того, рыбоходы подобных конструкций по сравнению с прототипами позволяют регулировать скорость привлекающего потока по длине рыбохода в зависимости от плавательной способностидвигающихся по рыбоходу видов рыб и колебаний бьефов гидроузла. Экономическая эффективность рассматриваемых конструкций рыбохода будет тем выше, чем больше напор на плотину гидроузла. Так как с ростом напора на гидроузле возрастает и экономия эксплуатационных ресурсов (электроэнергии, расходов воды) в расчете на единицу высоты общего перепада на гидроузле. Конкретный выбор того или иного варианта конструкции предлагаемого рыбохода в конечном итоге будет зависеть от разновидности и компоновки самого гидроузла, режимов и графика его работы, видов пропускаемой через рыбоход видов рыб и сроков нереста.

Список литературы

1. Жизнь животных: в 6 т./ Гл. ред. В.Е. Соколов; Под. ред. Т. Е. Расса. –М.: Просвещение, 1983. – Т.4: Рыбы. –575 с.
2. Редкие и исчезающие животные. Рыбы: Справ. пособие/ Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, Л.И. Соколов и др. – М.: Высш. шк., 1994. –334 с.
3. Строительные нормы и правила: Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения: СНиП 2.06.07-87: Утв. Гос.строит. ком. СССР 14.04.87: Срок введ. в действие 01.01.88. Изд. офиц. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 34 с.
4. Чистяков, А.А. Конструкции рыбоходов / А. А. Чистяков. – Новочеркасск: Темп, 2006. –532 с.
5. Шкура, В.Н. Рыбопропускные сооружения: В 2-х ч./ В.Н. Шкура. –Новочеркасск: Новочеркасская гос. мелиоративная акад., 1998. –728 с.
6. Введенский, О.Г. Использование гидравлических струй для совершенствования технологии работы рыбоходных сооружений / О.Г. Введенский // Гидротехническое строительство. –2009. – № 1. – С. 21 – 27.
7. Vvedenskii, O.G. Use of hydraulic jets to improve the efficiency of fish-passing structures / O.G. Vvedenskii// Power Technology and Engineering. –2009. – Vol. 43. – № 2. – Pp. 79 – 84.
8. Пат. 2377365 РФ, МПК⁸ E02B 8/08. Способ пропуска рыб через рыбоход из нижнего бьефа гидроузла в верхний бьеф (варианты)/ О.Г. Введенский (РФ). – Заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Марийский государственный университет». – №2008137015/03; Заявлено 15.09.2008; Опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36. – 28 с.
9. Введенский, О.Г. Пути повышения эффективности работы рыбоходных сооружений в условиях циклического изменения уровней бьефов гидроузла/ О.Г. Введенский// Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. –2010. – № 1. – С. 59 – 68.

10. Пат. 2363807 РФ, МПК⁸ E02B 8/08. Входной оголовок рыбохода (варианты)/ О.Г. Введенский (РФ). – Заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Марийский государственный университет». – №2008108567/03; Заявлено 04.03.2008; Оpubл. 10.08.2009, Бюл. № 22. – 42 с.

Статья поступила в редакцию 25.03.11.

O. G. Vvedensky

PROVIDING OF ANADROMOUS FISH MIGRATION THROUGH HIGH-HEAD WATER DEVELOPMENTS

Negative influence of a number of factors, in particular the problem of migration paths damming, on certain fish population is analyzed. A few technical solutions are offered. The solutions cover modernization of classic fish passing facilities. Modernization is required in order to restore anadromous migration of fish through series of medium-head and high-head water developments. Mathematical background of the technical solutions is offered. Experimental research results are given.

Key words: *waterpower development, series of waterpower developments, fish-pass, fish spawning migration, natural reproduction of fish, environmental protection activities.*

ВВЕДЕНСКИЙ Олег Германович – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики, машиноведения и технологии Марийского государственного университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – разработка технологий и создание технических устройств рыбозащиты и рыбопропуска через плотины гидроузлов. Автор 64 публикаций, включая 32 патента.

E-mail: vedo.67@mail.ru

УДК 635.9:712.25(470.322-21)

О. Г. Большова, И. Л. Бухарина

СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Анализируется эколого-экономическая ситуация в малых городах Липецкой области. Представлены результаты проведенной инвентаризации зеленых насаждений, описывается жизненное состояние древесно-кустарниковой растительности. Изучено влияние различных норм высева травосмеси на качество газона в условиях малого города. Анализируются статистически обработанные экспериментальные данные влияния сроков посева декоративно-цветочных культур на плотность, компактность и высоту куста, размеры цветка и сроки цветения растений в условиях Центрального Черноземья.

Ключевые слова: малые города, инвентаризация насаждений, жизненное состояние.

Введение. Высокие темпы урбанизации вызвали активное изучение различных экологических проблем крупных промышленных городов [1–4]. Исследования, прежде всего экологические, в меньшей мере касаются малых городов, для которых более представлены работы по экономике, социологии и истории [5]. Для устойчивого развития нашей страны приоритетной становится задача развития и функционирования малых городов.

Целью наших исследований явилась оценка состояния озеленения и условий произрастания насаждений в малых городах Липецкой области. Этот этап работ необходим для того, чтобы впоследствии сформировать научно обоснованную программу мониторинга насаждений в этих городах, что является одной из практических задач Липецкого областного отделения «Всероссийского общества охраны природы». Исследования проводились при сотрудничестве со специалистами Ижевской государственной сельскохозяйственной академии и Удмуртского государственного университета, которые имеют значительный опыт в проведении такого рода исследований.

Объекты исследований. При выборе городов – объектов исследования учитывались: социально-экономический статус, географическое положение, экологическая характеристика города. Таким образом, были выбраны три малых города Липецкой области: Лебедянь – город промышленно-производственного типа, расположенный в возвышенно-холмистой области (Среднерусская возвышенность) в наиболее северной части Липецкой области; Задонск – город туристско-рекреационного типа, расположенный в Междуречье рек Дон и Воронеж; Грязи – крупный транспортный узел, расположенный на территории Окско-Донской равнины в восточной части Липецкой области [6].

Методы исследования. В районах исследования провели инвентаризацию насаждений. При изучении видового состава зеленых насаждений использовали маршрутный метод [7]. Инвентаризацию насаждений провели согласно «Инструкции по проведению ...» [8]. Были заложены пробные площади (ПП) (не менее пяти площадей в каждом исследуемом насаждении, заложённых регулярным способом, размером не менее 0,25 га в

зависимости от площади исследуемой категории насаждений). В пределах пробных площадей проведена оценка жизненного состояния и таксационные описания древесных растений с фиксированием пороков [9–10]. Жизненное состояние древесных растений устанавливали визуально по степени повреждения ассимиляционного аппарата и крон растений, согласно требованиям при проведении инвентаризации и таксации городских насаждений.

Описание травянистого покрова проводили в конце первой декады июля. Для характеристики видового состава травянистого покрова насаждений, проективного покрытия использовался маршрутный метод с закладкой в пределах ПП учетных площадок случайным способом (не менее 10 площадок размером 1×1 м) [7]. Для оценки состояния искусственных городских газонов закладывали не менее десяти учетных площадок размером 33×33 см, на которых оценивали проективное покрытие растений (%), засоренность газона.

Анализ видового состава и состояния элементов декоративно-цветочного оформления в районах исследования был проведен на основе сплошного перечета растений на объектах озеленения в пределах пробных площадей. Оценка состояния искусственного травянистого покрова и элементов цветочного оформления проводилась на основе оценочных таблиц «Инструкции по проведению ...» [8].

Для обоснования подбора цветочных культур для зеленого строительства городов был заложен двухфакторный опыт по изучению влияния сроков посева семян на рост, развитие и декоративные качества рассады сортогрупп петунии гибридной в условиях защищенного грунта. Сроки посева семян петунии гибридной: 20 января, 15 февраля, 11 марта, 5 апреля (2008 – 2010 гг.). Таким образом, опыт включал 20 вариантов и закладывался в трехкратном повторении. Для опыта использовался сортовой семенной материал со всхожестью 98 %. В рамках опытов этого направления оценивались наиболее важные хозяйственно-биологические показатели рассады: высота куста, диаметр надземной части растений, диаметр цветка, продолжительность догенеративного периода (возраст рассады в период начала цветения).

С учетом необходимости организации и реконструкции городских газонов был заложен полевой опыт по изучению влияния норм высева семян и сроков вегетации на формирование газонов. На сегодняшний день при озеленении городов и частных усадеб используются, как правило, семена зарубежной селекции, произведенные преимущественно в странах Евросоюза или Канаде [11]. Расход семян, согласно инструкциям, сопровождающим импортные травосмеси, рекомендован по норме 30–40 г/м². Согласно правилам создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации, рекомендованная норма высева семян газонных трав составляет 20 г/м² [12].

В связи со значительными расхождениями в рекомендованных нормах высева, специфичностью городских условий, в том числе климатических, нами изучались следующие нормы высева травосмеси: 10, 20 и 30 г/м². Опыт закладывался в четырехкратном повторении. Размеры опытной делянки (повторности) – 2 х 2 м. В опыте проводились фенологические наблюдения, два раза за вегетационный период (в конце весны, в стадии активного роста, а также осенью, в период окончания активного роста) проводили подсчет плотности произрастания трав (число побегов на 1 м²) на учетных площадках размером 33×33 см (по 10 площадок на каждой опытной делянке), оценивали общее состояние травянистого покрова газона [13].

Математическую обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 5,5». Для интерпретации полученных материалов использовали методы описательной статистики и дисперсионный многофакторный анализ (по перекрест-

но-иерархической схеме, при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test).

Результаты исследования и их обсуждение. С экономической точки зрения, малые города Липецкой области являются стабильно развивающимися и привлекательными для инвестиций городами. Экологическая ситуация в гг. Грязи и Лебедянь свойственна крупным городам, где выявлена тенденция к увеличению автотранспорта и росту промышленного производства. Для города Задонска на данный момент характерен невысокий объем выбросов, но наблюдается рост рекреационной нагрузки и соответственно рост автотранспорта (рис. 1) [14].

Одним из определяющих факторов улучшения качества окружающей среды антропогенных территорий являются зеленые насаждения, и, прежде всего, древесные.

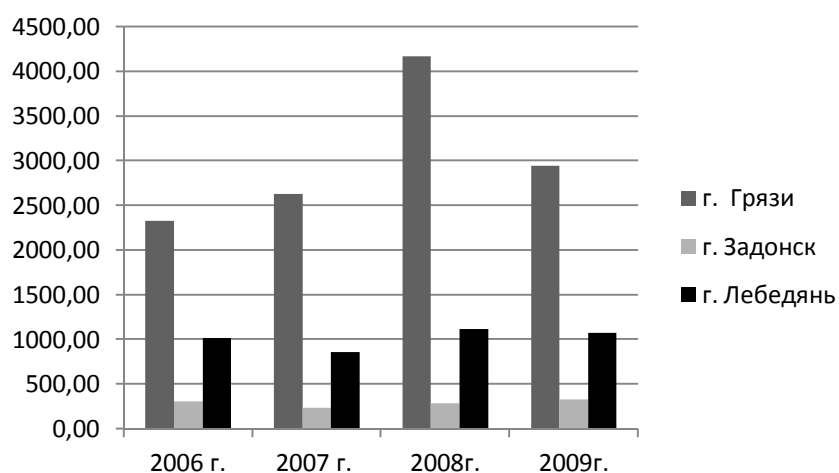


Рис. 1. Объем выбросов загрязняющих веществ в городах Липецкой области, тыс. т

Анализ фондовых материалов позволил заключить, что в большинстве малых городов данные о состоянии, инвентаризации и паспортизации насаждений отсутствуют или устарели. Оценка состояния насаждений показала следующее. Обеспеченность насаждениями общего пользования в расчете на одного человека составила: в г. Грязи – 6,4, в г. Задонске – 9,7, в г. Лебедянь – 3,6 м², что значительно ниже принятого норматива (16 м²/чел.).

Среди наиболее распространенных видов растений высокие баллы жизненности имеют следующие виды: сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), ясень зеленый (*Fraxinus lanceolata* Borch.), ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), лжетсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.). Для единично встречающихся видов – дерен белый (*Cornus alba* L.), снежогодник белый (*Symphoricarpos rivularis* Suksdorf.), акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.) – также характерно хорошее жизненное состояние. Неудовлетворительное состояние отмечено у ивы белой (*Salix alba* L.), клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.), груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.).

Преобладают такие пороки древесных растений, как механическое повреждение, прорость открытая, повреждения ксилофагами и филофагами, сухобокость, сердцевинная гниль, некроз и хлороз листьев, наблюдается поражение растений тлём, мучнистой росой. В большинстве насаждений г. Грязи, особенно в магистральных посадках, насаждения имеют значительный возраст свыше 40–60 лет (до 70 % особей), что отражает тенденцию «старения» зеленого фонда города и требует компенсационной замены

растений. Центр рекреации и православного паломничества г. Задонск не отличается высоким разнообразием древесно-кустарниковой растительности. Качество благоустройства санитарно-защитной зоны предприятий г. Лебедяни не соответствует рекомендуемым нормам и требует реконструкции.

Изучение состояния травянистого покрова показало, что в ряде случаев наряду с естественным покровом возникает необходимость создания искусственного культурного газона, с последующим уходом за ним. Ассортимент цветочных культур узок и требует расширения.

В связи с необходимостью создания и реконструкции городских газонов был заложен многофакторный опыт по изучению влияния норм высева и сроков вегетации на формирование надземных побегов у газонных трав. Дисперсионный анализ результатов опыта показал, что все изучаемые факторы и их взаимодействие оказали достоверное влияние на состояние газона ($p < 0,05$) (рис. 2). Осенью первого года наблюдений мы не выявили достоверных различий в плотности побегов между вариантами с различными нормами высева трав. Весной 2010 года варианты опыта с нормой высева 20 и 30 г/м² имели существенные отличия от варианта 10 г/м², но между собой достоверно не отличались. К осени 2010 года произошла гибель значительной части побегов в результате особых метеоусловий года (стабильно высокая температура воздуха и низкая влажность воздуха и почвы). Весной третьего года наблюдений в варианте с нормой высева семян 30 г/м² было отмечено наибольшее число побегов, но достоверных различий между вариантами 20 и 30 г/м² также не установлено.

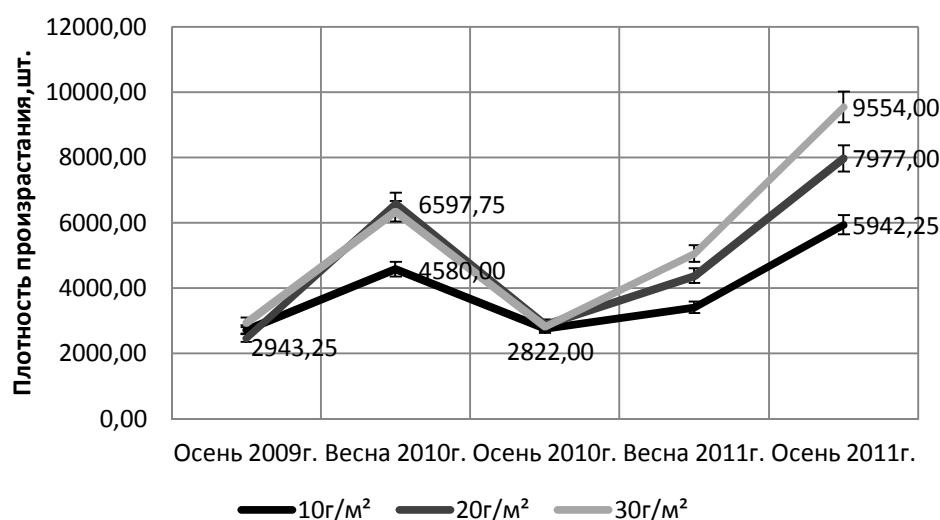


Рис. 2. Влияние норм высева и срока вегетации на плотность произрастания газонных трав

Только к осени 2011 года проявилась достоверная разница в плотности побегов между исследуемыми вариантами. Максимальная плотность побегов была в варианте 30 г/м² – 9554 шт./м², но при этом сухие побеги в травостое составляли 20 %, чего не наблюдалось в других вариантах опыта. Таким образом, различия в росте и состоянии травостоя свидетельствуют о возможности снижения нормы высева газонной травосмеси, но не ниже 20 г/м². В связи с высокой стоимостью посевного материала газонных травосмесей снижение нормы высева позволит снизить затраты при закладке городских газонов в городах Центрального Черноземья.

В Липецкой области предпочтителен рассадный способ производства цветочно-декоративных культур для зеленого строительства. При получении рассады важными

характеристиками являются плотность, компактность и высота куста. Нами был заложен вегетационный опыт по изучению влияния сроков посева семян на рост, развитие и декоративные качества петунии в рассадный период. Дисперсионный анализ результатов опыта показал, что на показатели высоты и диаметра надземной части растений изучаемые факторы, а также их взаимодействие оказали существенное влияние ($p < 0,05$). На момент перехода растений в генеративное состояние у всех изучаемых групп петунии достоверно уменьшился диаметр надземной части растений при посеве семян в марте и апреле. Максимальный диаметр вегетирующей части рассады наблюдался в январских и февральских посевах. Статистическая обработка данных показала, что для всех без исключения изучаемых сортогрупп характерно вытягивание главного побега при апрельском сроке посева семян.

В большинстве случаев целью выращивания рассады является получение цветущей продукции. На диаметр цветка петунии существенное влияние оказали все изучаемые факторы и их взаимодействие ($p < 10^{-28}$). Для всех изучаемых сортогрупп характерна сходная реакция: в вариантах второго и последующего сроков высева семян наблюдается уменьшение диаметра цветка. При этом количественные данные носят лишь численный характер, визуальное отличие незначительно. Например, диаметр цветка петунии махровой уменьшился на 0,4 см. Наиболее крупный цветок характерен для растений ранних сроков посева семян (январь, февраль). Метеорологические особенности третьего года исследования (2010 г.) наиболее существенно повлияли на размеры D цветка крупноцветковых групп, которые значительно сократились. Это свидетельствует о том, что в экстремальных условиях (повышенный уровень инсоляции, неблагоприятный температурный режим) формы и сорта петунии с миниатюрным цветком проявляют большую устойчивость.

Дисперсионный анализ результатов убедительно показал, что сроки перехода растений в генеративную фазу развития достоверно зависят от срока посева семян (табл. 1). Они существенно сократились при посеве семян петунии в марте и апреле.

Таблица 1

**Влияние срока посева семян на продолжительность догенеративного периода петунии
(Липецкая область, 2008–2010 гг.), дни**

Сорта и гибриды петунии	Годы исследования	Сроки посева семян			
		20 января	15 февраля	11 марта	5 апреля
<i>Баскин Робинс</i> (петуния сортовая)	2008	99	81	69	69
	2009	109	97	86	82
	2010	99	79	79	77
<i>Ultra red F1</i> (петуния крупноцветковая)	2008	91	77	62	70
	2009	101	90	81	71
	2010	90	88	76	69
<i>Ramblin burgundy chrome F1</i> (петуния каскадная)	2008	95	80	76	76
	2009	115	92	76	76
	2010	90	85	73	72
<i>Fantasia rouse F1</i> (петуния Мини)	2008	94	78	71	72
	2009	104	92	83	75
	2010	92	88	71	68
<i>Dabble cascade pirouette purple F1</i> (петуния махровая)	2008	98	94	79	78
	2009	104	95	85	72
	2010	93	89	81	75

Примечание: НСР₀₅=5 дней.

Выводы. Малые города весьма разнообразны по своим условиям, поэтому требуют индивидуального подхода в решении вопросов озеленения территорий. В основном экологическая ситуация в малых городах Липецкой области является удовлетворительной.

Необходима реконструкция санитарно-защитных зон промышленных предприятий в городах и увеличение площади насаждений общего пользования. В зеленом строительстве Липецкой области необходимо увеличить долю хвойных древесных пород, имеющих высокие эстетические качества и экологическую значимость. Древесные растения в магистральных посадках требуют компенсационной замены.

Для создания качественного искусственного газона в городах возможно применение уменьшенной до 20 г/м² нормы высева газонных трав, что ниже рекомендуемой нормы (30 г/м²). Это сократит затраты на его создание, что является весьма важным для бюджета малых городов.

Для целей городского озеленения в центральном Черноземье рассаду петунии средней высоты и с максимальным диаметром цветка можно получить при посеве семян в феврале-марте. Для получения цветущей рассады оптимальным сроком посева семян является март. Наименее чувствительны к экстремальным метеорологическим условиям мелкоцветковые формы петунии.

Необходимо разработать программу мониторинга, реконструкции и создания объектов зеленого строительства для городов: Грязи, Лебедянь, Задонск и др. городов Липецкой области с учетом их специфики.

Список литературы

1. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 124 с.
2. Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.
3. Кавеленова, Л.М. Методы контроля за состоянием окружающей среды / Л.М. Кавеленова, Л.В. Кведер. – Самара : СГУ, 2006. – 99 с.
4. Бухарина, И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварничина, К.Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
5. Плюснин, Ю.М. Малые города России. Социально-экономическое поведение домохозяйств, ценности установки и психологическое состояние населения в 1999 году / Ю.М. Плюснин. – М. : МОНФ, 2000. – 147 с.
6. Стрельникова, Т.Д. География Липецкой области / Т.Д. Стрельникова, Н.В. Пешкова. – Липецк : ООО «Неоновый город», 2006. – 186 с.
7. Горышина, Т.К. Растение в городе / Т.К. Горышина. – Л.: ЛГУ, 1991. – 152 с.
8. Инструкция по проведению инвентаризации и паспортизации городских озелененных территорий / Сост.: Г.П. Жеребцова, В.С. Теодоронский, О.В. Дмитриева, В.Н. Чепурнов, Х.Г. Якубов. – М. : Прима-М, 2002. – 21 с.
9. Соколов, П.А. Таксация леса. Ч.1. Таксация отдельных деревьев / П.А. Соколов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 1998. – 85 с.
10. ГОСТ 2140 – 81. Пороки древесины. Классификация, термины и определения. Способы измерения. Введ.1981.01.01 – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1982. – 121 с.
11. Уразбахтин, З.М. Создание и содержание городских газонов / З.М. Уразбахтин, К.М. Симонян, М.С. Циркова, Р.Р. Тихомиров, С.А. Андреев. – М.: Евролинц, 2004. – 112 с.
12. МДС 13 5. 2000. Правила создания охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://snipov.net> (дата обращения: 10.08.2012).
13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).- 5-е изд., доп. и перераб / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2009 г. Доклад. – Липецк: ОАО «Полиграфический комплекс «ОРИУС», 2010. – 192 с.

Статья поступила в редакцию 22.08.12.

O. G. Bolyshova, I. L. Bukharina

**CONDITION AND WAYS OF OPTIMIZATION OF PLANTING OF GREENERY
(ON THE EXAMPLE OF LITTLE TOWNS IN THE LIPETSK REGION)**

Eco-economic situation in little towns of the Lipetsk Region is analyzed. Some results of the carried out inventories of plantations are offered. Condition of trees and shrubs is described. Influence of different seeding rates of grass mixture on lawn quality in little towns is studied. Statistically processed experimental data of influence of ornamental flowers seeding time on strength, compactness and height of a plant, flower size and flowering terms in the Central Black Earth region conditions are analyzed.

Key words: *little towns, plantations inventory, condition.*

БОЛЫШОВА Олеся Геннадьевна – аспирант Ижевской ГСХА, руководитель секции «Экология городской среды и населенных пунктов» Липецкого областного отделения Всероссийского общества охраны природы (Россия, Липецк). Область научных интересов – изучение состояния озеленения в малых городах Липецкой области с целью разработки рекомендаций по зеленому строительству с учетом эколого-экономической специфики каждого города.

E-mail: destiny2011@yandex.ru

БУХАРИНА Ирина Леонидовна – доктор биологических наук, профессор кафедры инженерной защиты окружающей среды Института гражданской защиты Удмуртского государственного университета (Россия, Ижевск). Область научных интересов – изучение адаптации растений в экстремальных условиях произрастания с целью эффективного использования насаждений при экологической оптимизации и восстановлении техногенно нарушенных территорий. Автор более 150 публикаций.

E-mail: buharin@udmlink.ru

УДК 631.46

Т. Х. Гордеева, Н. Н. Гаврицкова

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Исследовано влияние электромагнитных микроволн СВЧ-диапазона на численность и видовой состав микроорганизмов целлюлозоразрушающего комплекса. Установлено, что при всех исследуемых режимах обработки СВЧ-облучение вызывает снижение количества и видового разнообразия микроскопических грибов, выделенных с документов на бумажной основе. Сапротрофные бактерии отличаются большей устойчивостью к микроволновому излучению.

Ключевые слова: биоповреждения, электромагнитные микроволны, СВЧ-излучение, биодеструкторы, микроорганизмы, микромицеты.

Введение. Микроорганизмы играют существенную роль в биологическом разрушении различных материалов и изделий. Они повреждают все природные, многие синтетические материалы, стальные железобетонные конструкции, книги, памятники культуры и искусства, принося тем самым большой экономический ущерб. Разрушение материалов зависит от их состава. В первую очередь повреждаются материалы, содержащие для микроорганизмов питательные вещества. В биоповреждениях целлюлозы в аэробных условиях первостепенная роль принадлежит грибам. Микромицеты, развиваясь на бумаге, приводят к её значительной деструкции, а иногда и к полной утрате документов. Грибному повреждению сопутствует и наличие большого количества пыли, содержащей отмершие органические остатки [1]. Несравненно меньшее значение в биоповреждениях целлюлозы имеют аэробные целлюлозоразрушающие бактерии. Они используют целлюлозу в тех случаях, когда нет других источников углерода. Бактериальному повреждению подвержены и вещества, сопровождающие целлюлозу в древесине: гемицеллюлозы, лигнины, пектиновые вещества.

В связи с этим важным является решение научных и практических задач, связанных с защитой сырья, материалов и технических средств от повреждений бактериями, грибами, актиномицетами, как в условиях их эксплуатации, так и длительного хранения. Одним из способов защиты документов на бумажной основе от биоповреждений является применение различных природных и синтетических полимерных материалов, а также биоцидов, обладающих широким спектром антимикробного действия, и дезинфицирующих средств [2, 3]. Наименее изучено действие на биосубстраты и организмы электромагнитных волн сантиметрового диапазона (сверхчастотные – СВЧ). СВЧ-излучение в настоящее время в основном используется в пищевой промышленности и биотехнологии в качестве стерилизующего агента [4].

Цель работы – выявить влияние СВЧ-излучения на микроорганизмы целлюлозоразрушающего комплекса.

В задачи исследования входило:

1) оценить воздействие СВЧ-излучения на численность и видовой состав микроорганизмов целлюлозоразрушающего комплекса;

2) изучить видовой состав микромицетов, устойчивых и чувствительных к микроволнам СВЧ-диапазона;

3) выявить влияние микроволнового излучения на рост колоний целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

Методика проведения работ. Исследовали образцы бумаги архивных документов из сульфитной целлюлозы. Для обработки микроволнами использовали микроволновую печь с рабочей частотой излучения 2450 МГц, длиной волны 12,5 см, мощностью 800 Вт, экспозиция облучения: 3, 5, 8 минут.

Для оценки количественного и качественного состава микробиоты документов использовали метод посева серийных разведений на агаризованные питательные среды: подкисленную среду Чапека – Докса, Гетчинсона, мясо-пептонный и сусло-агар. Перед посевом для десорбции микроорганизмов суспензии обрабатывали на качалке в течение 20 минут и затем готовили серию последовательных разведений. Засеянные чашки Петри инкубировали в термостате при $t = 23-28^{\circ}\text{C}$. Выделение и учет микроорганизмов проводили на 7-е и 14-е сутки. Число выросших колоний микроорганизмов пересчитывали на 1 г целлюлозы [5].

Вероятное количество микроорганизмов, содержащихся в 1 г субстрата, при уровне достоверности 95 % ($P_{0,95}$) методом посева на питательные среды вычисляли по формуле:

$$a = \frac{(\bar{X} \pm 2\delta_{\bar{x}}) \cdot k}{v},$$

где a – число микробных клеток в 1 г исследуемого материала; $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$ – среднее число колоний, выросших при высеве данного разведения; $\sum x$ – общее число подсчитанных колоний при высеве данного разведения; n – число повторностей; $\delta_{\bar{x}}$ – средняя квадратичная ошибка; 2 – значение t -критерия при $P_{0,95}$; k – разведение, из которого сделан высев; v – объем посевного материала (мл).

Идентификацию выросших микромицетов осуществляли на основании культурально - морфологических признаков после выделения их в чистую культуру с использованием определителей отечественных и зарубежных авторов [6–8]. Названия и положение таксонов унифицировали с использованием базы данных CBS и 9-го издания «Словаря грибов Айнсворта и Бисби» [9]. Все изоляты гифомицетов относили к несовершенным грибам в случае отсутствия полового спороношения в культуре. Для описания структуры комплекса микромицетов использовали критерий частоты встречаемости [5]. Разнообразие сообществ микромицетов оценивали, используя индексы доминирования-разнообразия [10].

Статистическую обработку проводили при помощи программ Excel, Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение. В механизме действия СВЧ-излучения выделяют тепловые и нетепловые (специфические) эффекты. Механизм теплового воздействия состоит в том, что поглощенная средой энергия вызывает изменение пространственной ориентации дипольных молекул воды, прежде всего, усиление их колебаний. Они передают часть энергии окружающим молекулам, также приходящим в движение, в результате чего энергия СВЧ переходит в тепловую, благодаря чему и происходит нагревание объекта. Этот процесс может привести либо к патологическим сдвигам в организме, либо к его гибели. Чем больше воды в облучаемом объекте,

тем больше эффект. Физическая природа «нетепловых эффектов» понятна в гораздо меньшей степени. Предполагается, что электромагнитные волны могут влиять на биологические процессы, разрывая водородные связи и влияя на ориентацию макромолекул ДНК и РНК, а также изменяя содержание и биологическую активность гормонов, ферментов; динамическое постоянство ионных соотношений, физико-химические свойства и биологическую активность белков, проницаемость клеточных мембран и мембранного потенциала [11, 12].

Проведенные исследования показали, что СВЧ-излучение мощностью 800 Вт при всех используемых режимах обработки оказывает подавляющее воздействие на численность микроскопических грибов (табл. 1). И чем длительнее воздействие, тем больше эффект угнетения. При обработке исходного материала излучением микроволнового диапазона длительностью три минуты численность микромицетов уменьшается в 3,2 раза и составляет 31,3 % от контроля; пятиминутное облучение микроволнами СВЧ снижает количество грибов в 8,5 раза. Их численность составляет 12,6 % от контрольных значений. При восьмиминутной экспозиции рост микромицетов на питательной среде не выявлен.

Таблица 1

Влияние СВЧ-излучения на численность микроорганизмов

Группа микроорганизмов	Время облучения, мин	Количество повторностей, n	M ±m	Коэффициент вариации, CV, %	% от контроля
Бактерии-сапротрофы, тыс. кл./г целлюлозы	3	10	3,24±0,07	22,2	64
	5	10	2,81±0,06	19,9	55
	8	10	0,43±0,01	19,0	9
	контроль	10	5,08±0,05	10,3	100
Микромицеты, тыс. КОЕ/г целлюлозы	3	10	0,52±0,01	16,8	24
	5	10	0,28±0,01	35,5	13
	8	10	-	-	-
	контроль	10	2,16±0,07	33,3	100

В ходе микологического анализа с поверхности исследуемых документов выделено 12 видов микроскопических грибов, относящихся к шести родам из двух подотделов. Число видов в родах варьирует от 1 до 5. Подотдел *Zygomycotina* представлен двумя видами из родов *Mucor Mich.* и *Rhizopus Ehrenb.* Все остальные выделенные микромицеты относятся к несовершенным грибам *Deuteromycotina* (табл. 2).

Анализ видового состава грибов показал, что большинство микромицетов, выделенных с документов, – это грибы-полифаги, использующие самые разнообразные С-содержащие субстраты. Они способны осуществлять окисление любого природного органического соединения. Чаще всего на поверхности документов встречались представители родов *Penicillium Link.* – 46 % и *Aspergillus Micheli.* – 27 % от всех выделенных изолятов. По частоте встречаемости преобладали *Penicillium aurantiogriseum Dierckx*, *Penicillium chrysogenum Thom.* Из темноокрашенных грибов выявлена *Alternaria alternata (Fr) Keissler*. Среди грибов преобладали ксерофильные виды: *Aspergillus flavus Link.*, *A. versicolor (Vuill.) Tiraboschi*, *Penicillium aurantiogriseum Dierckx*, *P. chrysogenum Thom.*, *P. chrysogenum var. chrysogenum Westling*, что свидетельствует о незначительной влажности исследованных документов. Некоторые из выделенных микромицетов являются не только активными разрушителями бумаги, но также способны к ее пигментированию и окрашиванию (*Penicillium citrinum Thom.*, *Alternaria alternata (Fr) Keissler*, *Mucor racemosus Fres.*, *Rhizopus nigricans Ehrenb.*), в связи с чем представляют повышенную опасность для сохранения документов.

Таблица 2

**Видовой состав и частота встречаемости микромицетов, выделенных с документов
Госархива на бумажной основе**

Название вида	Время облучения, мин			
	Контроль	3	5	8
<i>Alternaria alternata</i> (Fr) Keissler.	30	10	-	-
<i>Aspergillus candidus</i> Link.	30	20	10	-
<i>A. flavus</i> Link.	40	20	-	-
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi	40	20	-	-
<i>Mucor racemosus</i> Fres.	30	-	-	-
<i>Penicillium citrinum</i> Thom.	10	-	-	-
<i>P. chrysogenum</i> Thom.	70	40	20	-
<i>P. chrysogenum</i> var. <i>chrysogenum</i> Westling.	40	20	-	-
<i>P. rugulosum</i> Thom.	60	40	10	-
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	80	50	30	-
<i>Verticillium lateritium</i>	20	10	-	-
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	10	-	-	-

Следует отметить, что многие из выявленных микромицетов (*Alternaria alternata* (Fr) Keissler., *Aspergillus flavus* Link., *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. chrysogenum* Thom.) могут быть причиной аллергических заболеваний у людей с ослабленной иммунной системой [13]. Кроме того, обнаруженный гриб *Penicillium chrysogenum* var. *chrysogenum* Westling, обладающий липазной активностью, свидетельствует о жировом загрязнении поверхности исследуемых документов.

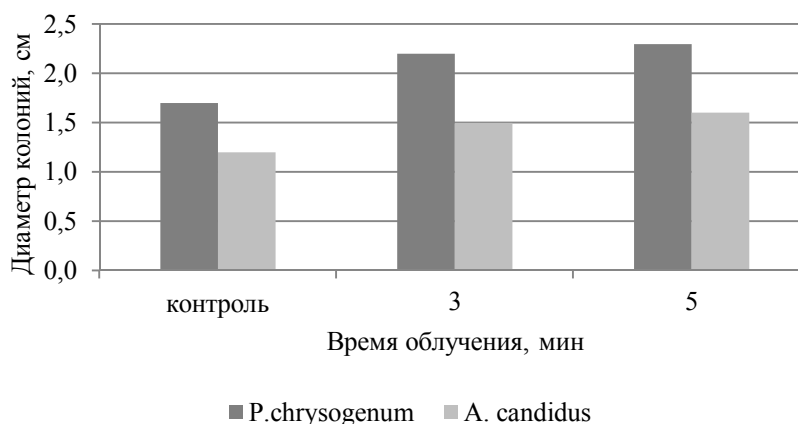
Расчет индексов видового разнообразия показал, что облучение исходного материала микроволнами СВЧ-диапазона изменяет структуру и видовой состав микромицетов целлюлозоразрушающего комплекса (табл. 3). При этом с увеличением длительности излучения видовое разнообразие грибов снижается более резко, что свидетельствует о специфичности воздействия СВЧ-излучения на различные виды микроскопических грибов. Наиболее чувствительными к излучению микроволнового диапазона были микромицеты *Penicillium citrinum* Thom., *Mucor racemosus* Fres., *Rhizopus nigricans* Ehrenb. Наиболее устойчивыми оказались виды рода *Penicillium* – *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. chrysogenum* Thom. и *P. rugulosum* Thom..

Таблица 3

Количество видов и индексы видового разнообразия по вариантам опыта

Время облучения, мин	Число видов	Индекс Шеннона	Выровненность видов
Контроль	12	3,36	1,26
3	9	2,98	1,25
5	4	1,84	0,99

Изучение влияния СВЧ-излучения на рост колоний микроскопических грибов показало, что у относительно устойчивых видов наблюдается стимулирующий эффект излучения (см. рис., с. 90). Это подтверждает известные из литературы [14] сведения о существовании резонансного эффекта, то есть корреляцию действия микроволн на различные морфологические и физиологические характеристики культур микроорганизмов.



Изменение диаметра колоний микроорганизмов под воздействием СВЧ-излучения

Присутствие сапротрофной микрофлоры на исследованных образцах объясняется наличием достаточного количества пыли, содержащей отмершие органические остатки. Влияние СВЧ-излучения на рост колоний сапротрофных бактерий определяли на мясопептонном агаре. Установлено, что в контрольном образце численность бактерий составляет 5,08 тыс. кл./г целлюлозы. После трёхминутной обработки СВЧ-излучением их количество уменьшается в 1,3 раза, после 5 минут воздействия – в 2 раза. При восьмиминутной экспозиции выявлены единичные колонии бактерий – 8,5 % от контрольных значений. Таким образом, сапротрофные бактерии оказались более устойчивыми к СВЧ-излучению, чем растущий мицелий грибов.

Выводы

1. Установлено, что при всех режимах обработки СВЧ-излучение мощностью 800 Вт вызывает снижение численности и видового разнообразия микромицетов, выделенных с документов на бумажной основе.
2. Наиболее устойчивыми к СВЧ-облучению были представители рода *Penicillium Link.*
3. Сапротрофные бактерии отличались большей резистентностью к воздействию электромагнитных микроволн СВЧ-диапазона. При восьмиминутной экспозиции их численность составляет 8,5 % от уровня контрольных значений.
4. Обработка СВЧ-излучением может быть использована в реставрации и восстановлении документов на бумажной основе.

Список литературы.

1. Огарков, Б. Н. Экологические и микробиологические исследования биоповреждений гражданских объектов и памятников архитектуры / Б. Н. Огарков, Н. Е. Буковская, Г. Р. Огаркова // Известия Иркутской государственной академии. – 2010. – № 4. – С. 334 – 338.
2. Горяева, А. Г. Микобиота воздуха и композитов бумаги с полимерными покрытиями в Российской национальной библиотеке / А. Г. Горяева, Т. Д. Великова, С. А. Добрусина // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44. – Вып. 1. – С. 10-18.
3. Трепова, Е. С. Применение препарата фосфонаг для защиты бумаги от микромицетов / Е. С. Трепова, Т. Д. Великова // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44 – Вып. 2. – С. 171-172.
4. Wu, Q. Effect of high-power microware on indicator factoria for sterilization / Q. Wu // JEEE. Frans. Biomed. Eng. – 1996. – Vol. 43. – P. 752-754.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. Raper, K.B. A manual of Penicillia / K.B. Raper, C.A. Thom, D.L. – Fennel New York; London: Hafner Publishing Campany, 1968. – 875 p.

7. Ramirez, C. Manual and atlas of the Penicillia / C. Ramirez. – Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. – 874 p.
8. Литвинов, М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов / М. А. Литвинов. – М.: Наука, 1967. – 303 с.
9. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 9th ed. / Eds P. M. Kirk et al. – CAB International, 2001. – 655 p.
10. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 182 с.
11. Бецкий, О. В. Волны и клетки / О. В. Бецкий, В. В. Кислов. – М.: Знание, 1990. – №2. – 64 с. (Сер. физика).
12. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / Ю. Б. Кудряшов. – М.: Физматлит, 2004. – 448 с.
13. Саттон, Д. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов / Д. Саттон, А. Уотергилл, М. Риннальди – М.: Мир, 2001. – 486 с.
14. Лихачева, А. А. Влияние СВЧ-излучения на физиологические характеристики культур актиномицетов и бактерий / А. А. Лихачева, А. А. Лукьянов, Г. М. Зенова // Биотехнология. – 2000. – № 5. – С. 51-55.

Статья поступила в редакцию 31.10.11

T. Kh. Gordeeva, N. N. Gavritskova

QUANTITY AND STRUCTURE CHANGE OF THE COMPLEX OF CELLULOSE-DIGESTING ORGANISMS INFLUENCED BY MICROWAVE RADIATION

Influence of electro-magnetic microwaves on population and species composition of microorganisms of the cellulose-digesting complex is studied. It is determined that in all the studied operating modes, microwave frequency irradiation leads to decrease of quantity and decrease of species diversity of microfungus, extracted from paper. Saprotroph bacteria have better insensitivity to microwave frequency irradiation.

Key words: *biodeterioration, electro-magnetic microwaves, microwave radiation, biodecomposers, microorganisms, micromycetes.*

ГОРДЕЕВА Татьяна Харитоновна – кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии Поволжского государственного технологического университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – экология, почвенная микробиология, биоразнообразие. Автор более 80 публикаций.

E-mail: tatiana.k.gordeeva@gmail.com

ГАВРИЦКОВА Наталия Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой управления природопользованием и лесозащиты Поволжского государственного технологического университета (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – исследования в области микологии и фитопатологии. Автор более 70 публикаций.

E-mail: vault13333@rambler.ru

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ



УДК 630*945.31

**ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ
КОМПЕТЕНЦИЙ И КВАЛИФИКАЦИЙ В ЛЕСНОМ ДЕЛЕ**

В сентябре 2012 года участники консорциума международного проекта Tempus SUFAREL, состоящего из 16 партнеров из России и Европейского союза, получили прекрасную возможность – изучить опыт работы Европейских коллег в области высшего профессионального образования и формирования систем квалификаций. Стажировки проходили в вузах Финляндии и Дании. В России консорциум представляют: Поволжский государственный технологический университет, Московский государственный университет леса, Санкт-Петербургская лесотехническая академия, Башкирский государственный аграрный университет, Воронежская государственная лесотехническая академия, Уральский государственный лесотехнический университет, Министерство лесного хозяйства Республики Марий Эл, Фонд экологических инициатив Республики Марий Эл, Гильдия экспертов в сфере профессионального образования. От Европейского союза в проекте участвуют: университеты Хельсинки (Финляндия), Падуи (Италия), Копенгагена (Дания), БОКУ (Австрия), Аристотеля (Греция), науки и технологий г. Лилль (Франция) и Европейский институт леса (European Forest Institute).

Отличительной чертой проекта является то, что в странах ЕС работа по созданию отраслевых рамок квалификаций в области лесного хозяйства еще не завершена, поэтому зарубежные коллеги, в свою очередь, заинтересованы в разработке этого направления на основе принципов Болонских и Копенгагенских соглашений. Например, в Университете Падуи (Италия) развивается система обучения, основанная на трех циклах 3+2+3. Речь идет о трех годах учебы в бакалавриате (180 кредитов), двух в магистратуре (120 кредитов) и трёх для получения степени PhD. Бакалаврские программы проводятся на итальянском языке, из пяти магистерских три программы являются международными и читаются на английском языке. При этом для лесного сектора первый цикл обучения (бакалавриат) является в целом базой для получения основных знаний для магистерской программы. Именно поэтому они рассматривают первые два цикла (3+2) как единое целое. Специальные знания магистранты начинают получать во время второго года обучения. При этом большое значение в магистратуре уделяется системным (общим) навыкам (soft skills), которые подразумевают умение работать в команде, деловые и корпоративные коммуникации, этические и социальные навыки, аналитического мышления, мотивация, знание зарубежных языков и т.п.

Интересные встречи российских участников проекта прошли в Финляндии с представителями университетов Восточной Финляндии и Хельсинки. На факультете лесных наук Университета Хельсинки два года проводили совершенствование и модифицирование учебного плана для программ бакалавриата и магистратуры. В программу бакалавриата включена дисциплина «Этика» (3 кредита), которая рассматривает в первую очередь вопросы бизнес-этики. Учебным планом также предусмотрена дисциплина «Переговоры и коммуникация» (3 кредита), которая вырабатывает у студента навыки модераторства и фасилитации ведения совещаний, тренингов и участия в научно-практических дискуссиях. Иностранные языки (4 кредита) преподаются в бакалавриате. В магистратуре предусмотрен курс практической работы (2 месяца, 2 кредита), курс «Руководство и менеджмент» для получения навыков по работе с людьми, а также академическое письмо на английском языке, которое подразумевает написание научных статей. Традиционно в Университете Хельсинки сильной стороной обучения считается его мультидисциплинарность. Учебный план магистерских программ основывается на трех категориях (циклах) обучения с получением: академических (academic skills), общенаучных (generic skills) и профессиональных (subject specific skills) результатов обучения (learning outcomes). В учебном плане магистерской программы есть специфические дисциплины – иностранный язык, коммуникация, взаимодействие и сотрудничество, творческая деятельность, работа в команде и т.п.

В Университете Копенгагена большое внимание также уделяется так называемым системным или общим знаниям (soft skills), вопросам устойчивого управления и экологии, изменения климата и общества, проблемам роста потребления, городских лесов. В последние годы Институт леса и ландшафта факультета наук о жизни Университета Копенгагена сместил приоритеты в области городского лесоводства. Все большее внимание в ландшафтной архитектуре уделяется озеленению бывших промышленных или муниципальных объектов. Институт леса и ландшафта факультета наук о жизни Университета Копенгагена готовит специалистов по системе 3+2+3 (академический Бакалавриат, магистратура, PhD). Продолжительность же профессионального бакалавриата, после которого выпускник устраивается на работу, составляет здесь четыре года.

Российские участники заинтересовались вопросами докторантуры в системе образования Дании. Первое полугодие докторантуры (PhD) отводится для освоения обязательных предметов, но основная работа заключается в подготовке и написании самой диссертации, основанной на нескольких научных статьях (article based thesis). При этом работа должна быть основана на трех статьях, готовых к публикации как минимум в трех реферируемых изданиях (peer reviewed). Одна из статей должна быть опубликована или принята к публикации. Руководитель докторанта может быть соавтором этих статей, но ведущая роль отводится самому соискателю. Вторая и третья научная статья обычно готовится докторантом самостоятельно.

В Университете Копенгагена в процессе обучения магистров большое внимание уделяется групповой и самостоятельной работе. Например, средний курс в магистратуре составляет 416 часов в течение 9 недель (15 кредитов), из которых 60 часов приходятся на лекции (1 лекция 2*30 мин), 30 часов – практическая работа в классе, 90 часов – групповая работа под руководством преподавателя, 10 часов – обсуждение научной литературы, 1 час – экзамен, самостоятельная работа – 225 часов. Иначе говоря, более половины времени у магистранта уходит на чтение литературы и подготовку к экзамену. Для изучения курса он должен прочитать порядка 600–700 страниц научного текста.

Важным достижением европейского вузовского образования является студенческая мобильность, что обеспечивается развитой инфраструктурой и существенным государ-

ственным финансированием. Несмотря на общие подходы, разработанные ЕС в рамках Болонских и Копенгагенских соглашений, высшее лесное образование различается в вузах Европейского Союза. Каждый из лесных вузов имеет свои особенности в учебном плане, требованиях к знаниям и самостоятельной работе студента, наборе преподаваемых дисциплин, оценке качества образования, национальных приоритетах отрасли.

Наибольший интерес у участников проекта вызвал опыт создания отраслевых рамок квалификаций в Великобритании. Консорциумом было принято решение продолжить разработку рамок квалификаций для лесной отрасли России на основе модели, предложенной специалистами компании Lantra. Конечно, в создаваемую отраслевую рамку квалификации будут включены лучшие примеры в области образования, современных компетенций и навыков, которые консорциум SUFAREL изучил и перенял в процессе стажировки в Скандинавии.

Сайт проекта http://sufarel.marstu.net/rus/main_rus.html

Э. А. Курбанов

Статья поступила в редакцию 24.10.12.

E. A. Kurbanov

EUROPEAN EXPERIENCE FOR DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF COMPETENCE AND QUALIFICATION IN FORESTRY

In September 2012 the members of the consortium of the international project «Tempus SUFAREL» (The consortium includes 16 partners from Russia and the countries of the European Union.) had a chance to study work experience of their colleagues from European countries in the sphere of higher professional education and qualification system building. The training course took place in the Universities of Finland and Denmark. The members of the consortium came to a decision to continue the qualifications framework development for Russian forest sector following the model offered by the experts of Lantra company. The developing qualifications framework will include the best examples of present-day competence and skills in the sphere of education, which the members of the SUFAREL consortium studied and adopted in the training course in Scandinavian countries.

КУРБАНОВ Эльдар Аликрамович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, начальник управления международного сотрудничества Поволжского государственного технологического университета, руководитель Центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов (Россия, Йошкар-Ола). Область научных интересов – устойчивое управление лесами, биологическая продуктивность лесных экосистем, депонирование углерода лесными экосистемами, дистанционное зондирование земли, леса Киото. Автор более 100 научных и учебно-методических работ.

E-mail: kurbanovea@volgatech.net

УКАЗАТЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ
В ЖУРНАЛЕ В 2012 ГОДУ

LIST OF MATERIALS
PUBLISHED
IN THE JOURNAL IN 2012

Вестник МарГТУ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

FORESTRY

В. П. Бессчетнов, Н. Н. Бессчетнова. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по параметрам семян

1

С. А. Денисов, К. К. Калинин, В. П. Бессчетнов, Н. В. Демичева, Т. С. Батухтина, В. В. Самоделкина. Проблемы воспроизводства сосновых лесов Среднего Поволжья

1

Н. В. Панюшкина, М. А. Карасева, Ю. П. Демаков, М. В. Бекмансуров, В. Н. Карасев. Распространение и структура ценопопуляций можжевельника в Республике Марий Эл

1

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ
ЛЕСНОГО ДЕЛА

FORESTRY TECHNOLOGIES
AND MACHINES

Ю. В. Лоскутов. Расчёт конструкций композитных трубопроводов для гидромеханизации дноуглубительных работ по улучшению лесосплавных путей

1

А. И. Павлов, И. А. Полянин, П. Ю. Лощёнов. Теоретические исследования динамических свойств элементов гидропривода лесных машин при диагностировании в функциональном режиме

1

М. Г. Салихов, В. В. Савельев, Е. В. Веюков, О. Г. Ермакова. Изучение деформативных и прочностных свойств и структурообразования цементобетонов с добавками асфальтового гранулята

1

В. П. Сапцин, Б. Ф. Лаврентьев. Режимы движения камеры транспортного судоподъёмника для перевозки лесных грузов

1

Ю. А. Ширнин, И. А. Полянин, А. Ю. Ширнин, А. Ю. Витренко. Технология разработки лесных территорий нефтегазотрубопроводов

1

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE EXPLOITATION

А. В. Исаев, Г. А. Богданов. Современное состояние сети особо охраняемых природных территорий в Республике Марий Эл

1

Н. А. Разумников, В. И. Таланцев, И. Н. Разумников. Закономерности накопления биомассы листьев элеутерококка колючего и содержания в них микроэлементов

1

И. Н. Смоленская, О. В. Решетняк, Е. С. Суханова, С. Ю. Воеводская, А. М. Носов. Увеличение синтеза гинзенозидов в суспензионной культуре клеток женьшеня настоящего при действии регуляторов роста

1

V. P. Besschetnov, N. N. Besschetnova. Benchmark of elite trees of scotch pine by seeds characteristics

S. A. Denisov, K. K. Kalinin, V. P. Besschetnov, N. V. Demicheva, T. S. Batukhtina, V. V. Samodelkina. Problem of pine forests regeneration in the Middle Volga region

N. V. Panushkina, M. A. Karaseva, Yu. P. Demakov, M. V. Bektansurov, V. N. Karasev. Ground cedar cenopopulations structure and distribution in the Republic of Mari El

Yu. V. Loskutov. Composite pipings structures calculation for hydromechanization of dredging works in floating routes improvement

A. I. Pavlov, I. A. Polyandin, P. Yu. Loshchenov. Theoretical research of dynamic properties of elements of hydraulic actuator of wood cars when diagnosing at the functional mode

M. G. Salikhov, V. V. Savelyev, E. V. Veukov, O. G. Ermakova. Research of structure formation and stress-strain properties of cement concrete with additives from granular asphalt

V. P. Saptsin, B. F. Lavrentyev. Ecological motion operations of the transporting inclined planes chamber for timber freights shipping

Yu. A. Shirnin, I. A. Polyandin, A. Yu. Shirnin, A. Yu. Vitrenko. Technology of development of oil and gas pipeline routes in forests

A. V. Isaev, G. A. Bogdanov. Present-day situation in the natural areas under special protection in the Republic of Mari El

N. A. Razumnikov, V. I. Talantsev, I. N. Razumnikov. Regularities of spiny eleuterococcus leaves biomass accumulation and trace substances content in it

I. N. Smolenskaya, O. V. Reshetnyak, E. S. Sukhanova, S. Yu. Voevudskaya, A. M. Nosov. Ginsenosides synthesis increase in panax ginseng suspension cell culture with the growth regulator in action

М. В. Титова, О. В. Решетняк, Е. А. Осипова, Е. С. Суханова, А. И. Осипьянц, Н. А. Шумило, А. В. Орешиников, А. М. Носов. Глубинное культивирование клеток *Stephania Glabra* (Roxb) Miers: оптимизация гормонального состава питательных сред

1

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

Международная научная конференция NASA и семинар GOF-C-GOLD/NEESPI «Влияние аномальной погоды на природные, социально-экономические и искусственные системы: засуха 2010 г. в Поволжье России» (17-22 июня 2012 г., Йошкар-Ола)

1

M. V. Titova, O. V. Reshetnyak, E. A. Osipova, E. S. Sukhanova, A. I. Osipyantz, N. A. Shumilo, A. V. Oreshnikov, A. M. Nosov. Profound cultivation of *Stephania Glabra* (Roxb) Miers cells: optimization of phytohormones content of nutritive medium

DATES. EVENTS. COMMENTS

International scientific conference NASA and GOF-C-GOLD/NEESPI workshop «Impacts of extreme weather on natural, socio-economic and land-use systems: focus on the 2010 summer anomaly in the Volga region» (17-22 June 2012, Yoshkar-Ola)

1

Вестник ПГТУ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Н. Н. Бессчетнова. Корреляция показателей баланса воды и содержания сухого вещества в хвое плюсовых деревьев сосны обыкновенной

1

А. А. Вайс. Упрощенный метод определения диаметров нижней части деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Средней Сибири

2

О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова. Дистанционный мониторинг гарей в Марийском Заволжье

1

А. Н. Гусева, А. Б. Егоров. Оценка биологической эффективности и экологической безопасности баковых смесей современных гербицидов в лесном хозяйстве

1

В. В. Засоба, Р. Ю. Данилов. Рукотворный степной лес «Новопокровский»: состав, состояние

2

Н. Ф. Каплина, Н. Г. Жиренко. Динамика фитомассы листьев, состояния и развития крон деревьев нагорной дубравы юго-восточной лесостепи в неблагоприятных условиях последнего десятилетия

2

А. С. Манаенков, М. В. Костин, В. А. Шкуринский. Современное состояние и возможность выращивания дубрав промышленного значения на комплексных почвах сухой степи и полупустыни

2

А. А. Прохорова, Е. В. Прохорова. Изменчивость морфометрических показателей семян ели на архиве клонов

1

В. И. Терехов, Р. В. Сергеев. Опыт содействия естественному семенному возобновлению в байрачных дубравах Курской области

1

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

О. Н. Бурмистрова, Е. В. Пластинина, М. А. Воронина. Обоснование расчетных схем и математических моделей нежестких дорожных одежд, армированных геосинтетическими материалами

1

FORESTRY

N. N. Besschetnova. Correlation of water balance rate and dry substance content in the needles of plus trees of scotch pine

A. A. Vais. A simple method for determination of diameters of lower part of the scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) trees in the Middle Siberia

O. N. Vorobyev, E. A. Kurbanov, A. V. Gubayev, S. A. Leznin, Y. A. Polevshikova. Remote monitoring of forest burnt areas in Mari Zavolzhje

A. N. Guseva, A. B. Egorov. Biological effectiveness and environmental safety of modern herbicides tank mixtures in forestry

V. V. Zasoba, R. Yu. Danilov. Novopokrov artificial steppe forest (structure and state)

N. F. Kaplina, N. G. Zhirenko. Dynamics of leaves phytomass, state and growth of limbs of trees of the mountain oak forest in the south-eastern forest steppe in unfavourable conditions of the last decade

A. S. Manaenkov, M. V. Kostin, V. A. Shkurinsky. Present-day condition of industrial oak wood and possibility of raising it in complex soils of dry steppe and semi-desert zone

A. A. Prokhorova, E. V. Prokhorova. Spruce seeds morphometric characteristics variability on the base of clone bank

V. I. Terekhov, R. V. Sergeev. Natural seed regeneration in oak forests on the example of the Kursk region

FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

O. N. Burmistrova, E. V. Plastinina, M. A. Voronina. Basis of design and mathematical models of flexible pavement, reinforced with geosynthetics

Е. В. Вайнштейн, В. М. Вайнштейн, П. А. Нехорошков. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожной одежды лесовозной автодороги по касательным напряжениям методом конечных элементов

О. Н. Галактионов, А. В. Кузнецов. Упругие свойства массивов лесосечных отходов

И. А. Полянин, Е. Л. Пугачёва. Сортировка технологической щепы по смолистости

С. А. Угрюмов, А. А. Федотов. Оценка влияния технологических факторов на свойства древесно-стружечных плит на основе фурановой смолы

А. Н. Чемоданов, П. Е. Царев. Резервные запасы лесоматериалов и способы их хранения на лесопромышленных складах и складах сырья потребителей

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

О. Г. Большова, И. Л. Бухарина. Состояние и пути оптимизации озеленения малых городов Липецкой области

О. Г. Введенский. Обеспечение анадромных миграций рыб через высоконапорные гидрозлы

Т. Х. Гордеева, Н. Н. Гаврицкова. Изменение численности и структуры комплекса целлюлозоразрушающих микроорганизмов под воздействием СВЧ-излучения

Ю. П. Демаков, С. М. Швецов, М. И. Майшанова. Изменение зольного состава хвои, коры и древесины сосны в зоне выбросов завода силикатного кирпича

О. С. Залывская, Н. А. Бабич. Шкала комплексной оценки декоративности деревьев и кустарников в городских условиях на севере

Е. М. Романов, Д. И. Мухортов, С. С. Гордеева, Э. В. Мичеева. Применение биоактивирующих добавок при переработке органических отходов в нетрадиционные удобрения

Е. С. Суханова, Д. В. Кочкин, М. В. Титова, А. М. Носов. Ростовые и биосинтетические характеристики разных штаммов культур клеток растений рода *Polyscias*

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

Э. А. Курбанов. Европейский опыт создания системы компетенций и квалификаций в лесном деле

Э. А. Курбанов. Международная научная конференция «Влияние аномальной погоды на природные, социально-экономические и искусственные системы: засуха 2010 г. в Поволжье России»

E. V. Vainshtein, V. M. Vainshtein, P. A. Nekhoroshkov. Research of strain-stress state of road structure of forest motor road by tangential stress with the use of finite-element method

O. N. Galaktionov, A. V. Kuznetsov. Cuttings elastic characteristics

I. A. Polyagin, E. L. Pugacheva. Chip assorting by gummosity obtained from stumpwood and non-standard timber

S. A. Ugromov, A. A. Fedotov. Assessment of technological factors impact on characteristics of furan resin chipboards

A. N. Chemodanov, P. E. Tsarev. Timber reserves and modes of its storage at the forest industry stores and the raw material stores

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE EXPLOITATION

O. G. Bolyshova, I. L. Bukharina. Condition and ways of optimization of planting of greenery (on the example of little towns in the Lipetsk region)

O. G. Vvedensky. Providing of anadromous fish migration through high-head water developments

T. Kh. Gordeeva, N. N. Gavritskova. Quantity and structure change of the complex of cellulose-digesting organisms influenced by microwave radiation

Yu. P. Demakov, S. M. Shvetsov, M. I. Maishanova. Ash content changes in needle, rind and wood of the scotch pine within the zone of a sand-lime brick plant emissions

O. S. Zalyvskaya, N. A. Babich. Scale of complex assessment of trees and shrub decorativeness in northern cities

E. M. Romanov, D. I. Mukhortov, S. S. Gordeeva, E. V. Micheeva. Bioactivating additives use when organic wastes processing into nontraditional organics

E. S. Sukhanova, D. V. Kochkin, M. V. Titova, A. M. Nosov. Growth and biosynthetic characteristics of different *Polyscias* plant cell culture strains

DATES. EVENTS. COMMENTS

E. A. Kurbanov. European experience for development of the system of competence and qualification in forestry

E. A. Kurbanov. International scientific conference «Impacts of extreme weather on natural, socio-economic and land-use systems: focus on the 2010 summer anomaly in the Volga region»

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник ПГТУ. Сер. «Лес. Экология. Природопользование» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания по рубрикам:

«Лесное хозяйство» – 06.03.01 Лесные культуры, селекция, семеноводство; 06.03.02 Лесоведение и лесоводство, лесоустройство и лесная таксация; 06.03.03 Агролесомелиорация и защитное лесоразведение, озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними.

«Технологии и машины лесного дела» – 05.21.01 Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства; 05.21.05 Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки; 05.23.11 Проектирование и строительство дорог.

«Проблемы экологии и рационального природопользования» – 03.02.08 «Экология (технические науки: в транспорте, в энергетике, в строительстве и ЖКХ)»; 03.02.14 Биологические ресурсы (биологические и сельскохозяйственные науки); 03.01.06 Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты завершенных исследований автора, объемом 6–15 страниц, включая рисунки.

К печати принимаются материалы, которые не опубликованы и не переданы в другие редакции. Рукописи проходят обязательное рецензирование. В «Вестнике...» печатаются только статьи, получившие положительные рецензии.

Требования к оригиналам предоставляемых работ

Структура научной статьи

1. Аннотация (3–4 предложения), ключевые слова.
2. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
3. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1–2 предложения).
4. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
5. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
6. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
7. Интерпретация результатов или их анализ.
8. Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающих, что цель, поставленная в работе, достигнута.

Требования к оформлению статьи

Статья должна быть предоставлена в электронном виде и компьютерной распечатке (2 экз.) на бумаге формата А4. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 12 пт, межстрочный интервал одинарный. Поля: внутри – 2 см, верхнее, нижнее, снаружи – 3 см (зеркальные поля), абзацный отступ первой строки на 0,75 см.

На первой странице статьи слева печатается УДК (размер шрифта 12 пт, прямой, светлый) без отступа. Ниже, справа – инициалы, фамилия автора (размер шрифта 14 пт, курсив, полужирный). Ниже, по центру – название статьи (размер шрифта 14 пт, прямой, полужирный, прописной).

Далее размещается аннотация (выравнивание по ширине, размер шрифта 12 пт, курсив, отступ слева и справа 1 см). Аналогично оформляются ключевые слова. Аннотация и ключевые слова статьи предоставляются на **русском и английском языках**.

Рисунки, графики, таблицы должны иметь нумерационный и тематический заголовки (размер шрифта 10 пт, заголовки полужирным, по центру).

Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст после абзацев, содержащих ссылку на них.

Размеры иллюстраций не должны превышать размеров текстового поля (не более 15 см).

Список литературы оформляется согласно порядку ссылок в тексте (где они указываются в квадратных скобках) и обязательно в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Статья должна быть подписана автором. После подписи автора и даты указываются его фамилия, имя, отчество (полностью), место работы, ученая степень, должность, область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, e-mail, домашний адрес.

К статье прилагаются следующие документы:

- рекомендация кафедры;
- экспертное заключение о возможности опубликования.

Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

Адрес для переписки: 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина 3, ПГТУ, редакция журнала «Вестник ПГТУ», **e-mail:** vestnik@volgatech.net

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Подробнее – на сайте ПГТУ: <http://www.volgatech.net>

Подписка на журнал осуществляется по «Объединенному каталогу. Пресса России. Газеты и Журналы» (подписной индекс **42920**, тематический указатель: Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов).