



<http://www.volgatech.net/>

ВЕСТНИК

1(17)
2013

январь – март

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»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51790 от 23 ноября 2012 г.)

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.

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. Н. Курдюмова

Подписано в печать 26.03.13.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 11,85.

Тираж 500 экз. Заказ

Дата выхода в свет: 30.03.13.

Цена свободная

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

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Стринг»
424002, Йошкар-Ола,
ул. Кремлевская, 31

Главный редактор **Е. М. Романов**

Первый зам. главного редактора

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Ответственный секретарь

А. В. Артамонова, канд. филос. наук

Редакционный совет серии:

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

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

Ioannis Gitas, д-р философии (Греция)

А. С. Исаев, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН (Москва)

Cecil C. Konijnendijk, д-р наук (Дания)

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

В. С. Сяно́в, д-р техн. наук, профессор (Петрозаводск)

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)

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

А. Б. Голованчиков, д-р техн. наук, профессор (Волгоград)

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

Э. А. Курбанов, д-р с.-х. наук, профессор

А. М. Носов, д-р биол. наук, профессор (Москва)

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

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

С. А. Угрюмов, д-р техн. наук, профессор (Кострома)

Е. М. Царев, д-р техн. наук, профессор

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

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

VESTNIK

1(17)
2013

january – march

VOLGA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY
Academic Periodical

Has been published since 11, 2007

Is issued 4 times a year

Series «Forest. Ecology. Nature Management»

The journal is included in the list of leading peer-reviewed journals and publications that publish the main research outcomes of Doctoral and Candidate Theses

Founder and Publisher:

Federal Budget State Educational Institution of Higher Vocational Training «Volga State University of Technology»

The journal is included in the register of Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications (Certificate of registration ПИ № ФС77-51790 dated 23 November, 2012)

Any use of articles without the written consent of the editorial board is strictly prohibited.

Address:

424006, Yoshkar-Ola, 17, Panfilova St.,

Tel. (8362) 68-78-46, 68-28-41

Fax (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatech.net

Editor in Chief E. M. Romanov

Vice Editor in Chief

V. A. Ivanov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Executive Secretary

A. V. Artamonova, Candidate of Philosophical Sciences

Editorial Board:

E. M. Romanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

A. H. Gazizullin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor (Kazan)

Ioannis Gitas, PhD (Greece)

A. S. Isaev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Cecil C. Konijnendijk, PhD (Denemark)

A. I. Pisarenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Moscow)

V. S. Syuney, Doctor of Technical Sciences, Professor (Petrozavodsk)

Editorial team:

S. A. Denisov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
(Vice Editor in Chief – the Editor of Series)

V. P. Besschetnov, Doctor of Biological Sciences, Professor
(Nizhny Novgorod)

O. N. Burmistrova, Doctor of Technical Sciences, Professor (Ukhta)

P. F. Voytko, Doctor of Technical Sciences, Professor

A. B. Golovanchikov, Doctor of Technical Sciences, Professor
(Volgograd)

Y. P. Demakov, Doctor of Biological Sciences, Professor

E. A. Kurbanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

A. M. Nosov, Doctor of Biological Sciences, Professor (Moscow)

A. G. Pozdeev, Doctor of Technical Sciences, Professor

M. G. Salikhov, Doctor of Technical Sciences, Professor

S. A. Ugryumov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Kostroma)

E. M. Tsarev, Doctor of Technical Sciences, Professor

V. L. Chernykh, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Yu. A. Shirnin, Doctor of Technical Sciences, Professor

Editor T. A. Rybalka

Cover design L. G. Malankina

Computer assisted make up

A. A. Kislitsyn

Translation

M. N. Kurdyumova

Passed for printing 26.03.13.

format 60×84 1/8. No. of press sheets 11,85.

Printing run 500 copies. Order No

Release date: 30.03.13.

Open price

Volga State University of Technology
424000, Yoshkar-Ola, 3, Pl. Lenina

Printed from the layout original
At LLC «String»
424002, Yoshkar-Ola,
31, Kremlevskaya St.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Н. Н. Бессчетнова. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по показателям пигментного состава хвои

С. М. Лазарева. Закономерности роста побегов второго порядка у некоторых видов рода пихт в Среднем Заволжье

В. П. Иванов, С. И. Марченко, И. Н. Глазун, Д. И. Нартов, Л. М. Соболева. Изменения в биогеоценозах центральной части Брянской области после летней жары 2010 года

Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, А. М. Швецов. Потребление и вынос древесными растениями зольных элементов в пойменном биотопе

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

В. П. Корпачев, А. И. Пережилин, А. А. Андрияс. Оценка объема затопления древесной массы в водохранилище Богучанской ГЭС

М. В. Волосунов, Н. Р. Шоль, Е. А. Бudevич. Модель нового механизма поворота модульной сочленённой лесотранспортной машины, теоретическое и практическое обоснование конструкции

Л. И. Малянова, М. Г. Салихов. Изучение влияния модифицированной добавки на некоторые свойства асфальтобетона с отсевами дробления известняков для покрытий лесовозных дорог

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

И. Л. Бухарина, П. А. Кузьмин. Влияние техногенной среды на жизненное состояние и содержание танинов в листьях древесных растений (на примере города Набережные Челны)

Т. Х. Гордеева, О. В. Мalyuta, Н. Н. Гаврицкова. Микробиологическая индикация почвенно-экологических условий при использовании нетрадиционных мелиорантов

Н. Н. Журкин, С. Я. Алибеков. Усовершенствование механической очистки сточных вод

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

С. А. Денисов. Книга о крупных лесных пожарах в лесном Среднем Заволжье

Информация для авторов

CONTENTS

FORESTRY

N. N. Besschetnova. Multidimensional assessment of scots pine plus trees using indicators of needle pigment structure

S. M. Lazareva. Growth regularities of second order offshoots of some types of silver fir genus in Middle Zavolzhye

V. P. Ivanov, S. I. Marchenko, I. N. Glazun, D. I. Nartov, L. M. Soboleva. Biogeocenosis changes in central part of the Braynsk region after hot summer-2010

Yu. P. Demakov, A. V. Isaev, A. M. Shvetsov. Consumption and removal of ash constituents from wooden plants in the inundated biotope

FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

V. P. Korpachev, A. I. Perezhilin, A. A. Andriyas. Estimation of volume of wood pulp water logging in the reservoir of Boguchanskaya hydroelectric power station

M. V. Volosunov, N. R. Shol', E. A. Budevich. The model of new rotation mechanism of modular forest articulated vehicle, theoretical and practical justification of the theory

L. I. Malyanova, M. G. Salikhov. The study of the impact of modified additive on some properties of asphalt concrete with crushed limestone dust for topping of logging roads

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE MANAGMENT. BIOTECHNOLOGIES

I. L. Bukharina, P. A. Kuzmin. Impact of industrial environment on vitality and tannin content in the leaves of woody plants (Naberezhnye Chelny case study)

T. K. Gordeeva, O. V. Malyuta, N. N. Gavritskova. Microbiological indication of soil ecological conditions when using alternative ameliorants

N. N. Zhurkin, S. Y. Alibekov. Improvement of mechanical purification of sewage water

DATES. EVENTS. COMMENTS

S. A. Denisov. Book of major forest fires forest Middle Zavolzhja

Information for the authors

5

14

25

36

50

57

64

72

81

92

98

101

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630* 165.6 + 630*232.311.3

Н. Н. Бессчетнова

МНОГОМЕРНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ХВОИ

*Пигментный состав хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) выступает надежным критерием оценки их селекционных преимуществ. Факторный и кластерный анализ дают адекватную многомерную оценку степени близости плюсовых деревьев. Их привлечение для анализа может расширить арсенал существующих методов исследования селекционных преимуществ изучаемых растений.*

Ключевые слова: сосна обыкновенная; плюсовые деревья; клоны; пигменты хвои; хлорофилл; каротиноиды; факторный анализ; кластерный анализ.

Введение. Формирование ассортимента объектов постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) и единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) рассматривается как одна из сложных задач, требующая для своего решения многосторонней оценки плюсовых деревьев, входящих в их состав [1]. Существующая система массового отбора плюсовых деревьев по фенотипу [2] может быть в значительной мере усовершенствована посредством расширения перечня признаков, используемых в качестве селекционных критериев. К их числу могут быть отнесены биологические характеристики, в числе которых пигментный состав фотосинтезирующего аппарата древесных видов занимает одно из центральных мест [3–6]. По мнению ряда авторов [4, 7–9], содержание пигментов в хвое связано с устойчивостью растений к лимитирующим экологическим факторам. Такой подход к оценке результатов селекции требует активного привлечения методов многомерного комплексного анализа биологических объектов [10–12].

Цель работы – получить многомерные сравнительные оценки плюсовых деревьев сосны обыкновенной по комплексу показателей пигментного состава хвои и на их основе определить степень обобщенной статистической близости анализируемых объектов.

Методы и объекты исследования. Объектом исследований выступали клоны плюсовых деревьев сосны обыкновенной, сосредоточенные в их архивах и на лесосеменных плантациях, созданных в Нижегородской области. Содержание пигментов в хвое определялось традиционными методами [13–15].

Группировка рассматриваемого набора признаков (переменных) в комплексы с наиболее тесными связями между ними (комплексные факторы) выполнена в ходе факторного анализа [10] с применением программного комплекса STATISTICA v.6.0 [16].

В результате в один комплексный фактор были объединены признаки, корреляции между которыми выражены в наибольшей степени. В конечном итоге это позволило представить исходное количество использованных нами на начальном этапе процесса исследований переменных (10 признаков) редуцированным их числом (3 главных компоненты). Последнее обстоятельство имело большое значение при обработке на завершающем этапе крупных обобщенных комплексов многомерных объектов, представленных 30 и даже 33 признаками – независимыми переменными. Кроме того, предполагается, что между сформированными комплексными факторами корреляция мала.

Данный аспект полезно учитывать при использовании для вычисления обобщенных метрик методов многомерного анализа, содержащих в расчетных алгоритмах обратную ковариационную матрицу. Их примером служит расстояние Махаланобиса [10–12]. Такие методы в ряде случаев не дают удовлетворительного результата, поскольку при высоких значениях коэффициентов корреляции определитель обратной ковариационной матрицы приближается к нулю или становится равным нулю. Это делает процедуру деления на такое число невозможной, в силу чего сама обратная ковариационная матрица становится вырожденной, приобретает свойства неустойчивости и неопределенности.

Обязательным условием являлось наличие у каждого из объектов, включенных в комплекс сравнения, полного набора всех анализируемых признаков. В противном случае объекты, не имеющие хотя бы одной из характеристик, исключались из комплекса [10–12]. Весовые коэффициенты признаков не вводились, исходя из представлений об их идентификационной равноценности. Поправки на неравномерность комплексов не применялись в силу одинаковой численности первоначальных учетов значений каждого параметра у всех многомерных объектов. Нами также обращалось внимание на то, что результаты группировки в кластеры в значительной степени зависят от того, какие признаки и в каком количестве включены в комплекс сравнения. При этом исходное число анализируемых параметров может быть достаточно большим со слабой корреляционной зависимостью между ними [10, 11, 12]. Решая задачу редукции числа переменных, формирующих многомерный комплекс, факторный анализ предполагает логическое обоснование их отнесения к тому или иному фактору. Это в свою очередь обеспечивает получение группировок переменных (в нашем случае анализируемых признаков пигментного состава фотосинтезирующего аппарата плюсовых деревьев), которым свойственны наиболее тесные связи. В реализованной схеме принято использование тех эффективных независимых факторов, начальные собственные значения которых превышают 1. Доля общей дисперсии, обусловленная их действием, должна быть не менее 70 % [10]. Для нахождения однозначного решения применен метод ортогонального вращения (метод варимакса), являющийся наиболее распространенным [10, 16].

В расчетах принимали участие стандартизированные исходные значения признаков, получаемые z-преобразованием, основанном на отношении отклонения значения признака от его средней величины к соответствующему стандартному отклонению: $x_{\text{норм}} = (X_i - x_{\text{сред}}) / S_x$. Здесь x – значения анализируемого признака; $x_{\text{норм}}$ – нормированное значение признака; $x_{\text{сред}}$ – среднее значение признака; x_i – текущее частное значение признака; S_x – среднее квадратическое отклонение признака.

Результаты исследований и их обсуждение. Пигментный состав хвои, свойственный каждому из исследованных плюсовых деревьев, оказался весьма специфичным. Это проявилось как по признакам содержания отдельных пигментов (хлорофилла-*a*, хлорофилла-*b*, каротиноидов), так и по их отношениям и суммарным значениям. Полученные матрицы коэффициентов корреляции фиксированного набора признаков пигментного состава хвои в учетах 2007 и 2008 гг. и для 1-летней и 2-летней хвои имели

весьма сходное наполнение оценками с хорошо прослеживаемой тенденцией общности тесноты связи между соответствующими анализируемыми показателями. Во всех случаях расчета корреляционных матриц их значения по одноименным парам сравнения оказались относительно близкими, что позволило признать устойчивым в хронологическом и онтогенетическом аспектах характер взаимозависимости между анализируемыми показателями.

Факторный анализ, выполненный по 10 признакам, оценивающим пигментный состав хвои, выявил высокую степень стабильности получаемых решений его основной задачи – редукции числа независимых переменных многомерного статистического комплекса с распределением их по факторам (см. табл).

Матрица повернутых компонент (ЛСП № 24)

Исходные признаки – независимые переменные	Варианты опыта: сроки учета и возраст хвои								
	2007 г. 1-летняя хвоя			2008 г. 1-летняя хвоя			2008 г. 2-летняя хвоя		
	Компонента			Компонента			Компонента		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Хлорофилл- <i>a</i> (<i>a</i>)	0,976			0,932			0,851		
Хлорофилл- <i>b</i> (<i>b</i>)	0,858			0,882			0,796		
Сумма хлорофилла (<i>a+b</i>)	0,961			0,959			0,866		
Каротиноиды (<i>k</i>)	0,652	-0,749		0,853	-0,461		0,918		
Отношение <i>a/k</i>		0,971			0,973			0,927	
Отношение <i>b/k</i>		0,865			0,918			0,893	
Доля хлорофилла- <i>a</i>			-0,989			0,991			-0,990
Доля хлорофилла- <i>b</i>			0,989			-0,991			0,992
Отношение <i>k/(a+b)</i>		-0,928			-0,891			-0,960	
Общая сумма пигментов	0,987			0,981			0,907		
Доля дисперсии компонент, %	53,41	27,18	18,81	49,43	31,49	17,35	57,42	27,3	15,08
Общая доля дисперсии главных компонент, %	99,4			98,27			99,75		

Материалы таблицы свидетельствуют о том, что характер отнесения исходных независимых переменных – признаков пигментации хвои – к трем комплексным факторам принципиально однотипен. В каждом из вариантов преобразования многомерных массивов хорошо прослеживаются общие тенденции. К первому фактору причислены признаки прямого количественного учета содержания пигментов в хвое: содержание хлорофилла-*a*; содержание хлорофилла-*b*; суммарное содержание хлорофилла-*a* и хлорофилла-*b*; содержание каротиноидов; суммарное содержание анализируемых пигментов. Они нагружают фактор с оценками 0,652 – 0,976. Ко второму фактору причислены относительные признаки с участием оценок содержания каротиноидов: отношение содержания хлорофилла-*a* к содержанию каротиноидов; отношение содержания хлорофилла-*b* к содержанию каротиноидов; отношение содержания каротиноидов к суммарному содержанию хлорофилла-*a* и хлорофилла-*b*. Третий фактор составили оценки доли участия разных форм хлорофилла в общей пигментации хвои: доля содержания хлорофилла-*a*; доля содержания хлорофилла-*b*. Вместе с тем удается заметить, что показатели, в той или иной форме учитывающие содержание каротиноидов, не всегда могут быть однозначно причислены к какому-либо фактору. В частности, содержание каротиноидов в первом и втором случаях учета может рассматриваться как в составе первого фактора, так и в составе второго. В остальных вариантах учета (и в разные годы, и с разновозрастной хвоей) наблюдается одно и то же число независимых факторов (компонент) – 3. Кроме того, во всех вариантах учета произошло включение одних и тех же исходных признаков в состав комплексных независимых факторов (компонент). При

этом соответствующие величины факторной нагрузки всех сформированных факторов хотя и велики, но, тем не менее, различаются.

Обоснованность такой редукции числа эффективных факторов в высокой степени велика: доля общей дисперсии, приходящейся на полученные в ходе факторного анализа три главные компоненты, составляет соответственно 99,40; 98,27; 99,75 %.

В соответствии с полученным результатом, сформированным комплексным факторам были присвоены свои логические метки (собственные названия). Фактор «1» назван «содержание основных пигментов»; фактор «2» получил название «соотношение между каротиноидами и формами хлорофилла»; фактор «3» был отмечен как «доля разных форм хлорофилла». Вместе с тем вполне понятно, что изменение числа переменных в многомерном комплексе вызовет неизбежные вариации исхода группировки.

Получив подтверждение стабильности тенденций в формировании факторов в группе исходных переменных, мы произвели объединение всех признаков в единый многомерный комплекс. В него вошли показатели содержания пигментов в 1-летней и 2-летней хвое в разные годы наблюдений (2007 и 2008 гг.). Сформированные в процессе факторного преобразования комплексные независимые переменные образовали собственный блок многомерных характеристик сравниваемых объектов. Так, весь набор исходных анализируемых признаков, насчитывающий 33 параметра, был представлен блоком, содержащим только восемь факторных параметров, представленных нормированными величинами. Они послужили основой проведения кластерного анализа и построения дендрограмм (рис. 1 и 2).

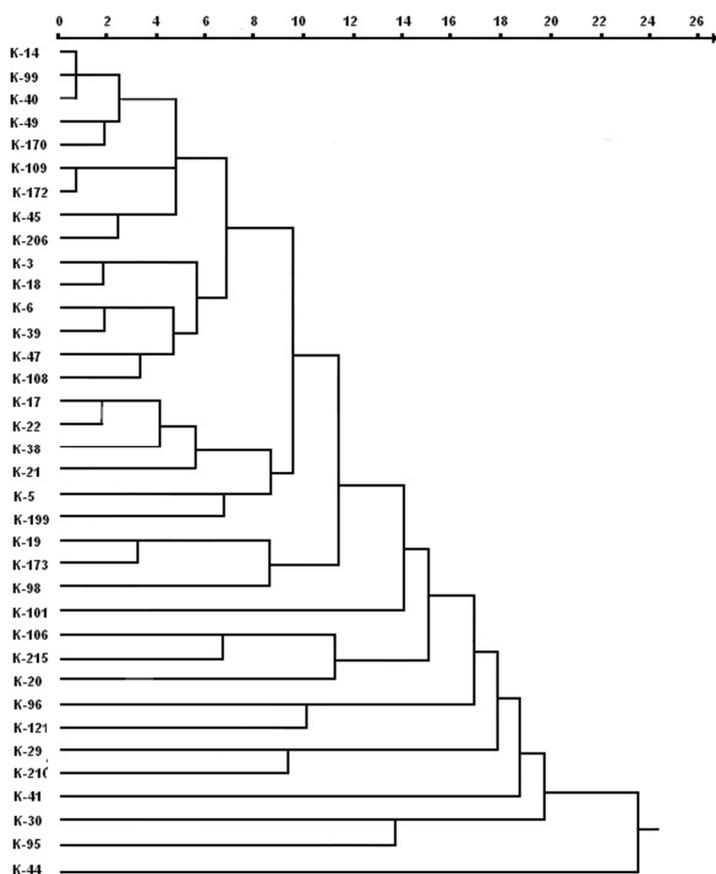


Рис. 1. Дендрограмма иерархической кластеризации плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24 (ГБУ НО «Семеновский спецлесхоз»): квадрат евклидова расстояния при межгрупповом объединении по 8 главным факторам, полученным в результате преобразования обобщенного массива первичных значений (33 признака)

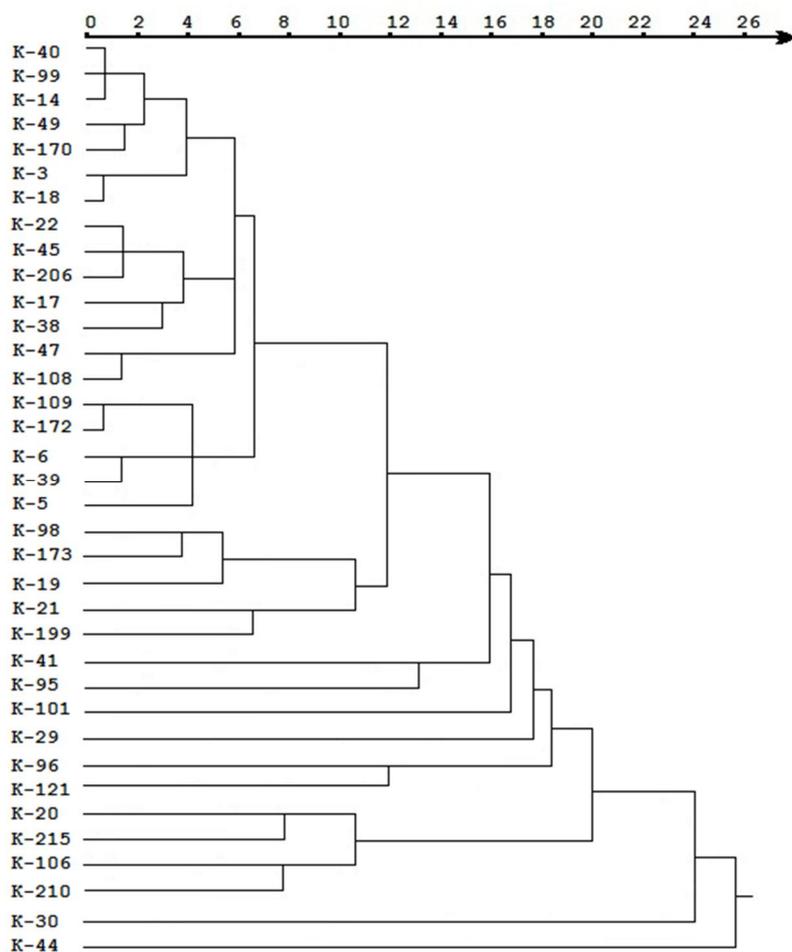


Рис. 2. Дендрограмма иерархической кластеризации плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24 (ГБУ НО «Семеновский спецлесхоз»): квадрат евклидова расстояния при межгрупповом объединении по обобщенному массиву первичных значений пигментного состава хвои (2008 г.)

Дендрограммы, построенные по сформированным факторам (см. рис. 1), принципиально не отличались от аналогичных графических фигур, полученных на основе массива исходных признаков (см. рис. 2). В значительной мере близки по своей структуре были и дендрограммы, полученные на основе вычисления линейного евклидова расстояния и квадрата евклидова расстояния. Обнаруживаемые между ними различия невелики и непринципиальны. Интерпретация, приведенная ниже, дана по масштабным единицам графического построения фигур без учета коэффициентов их перевода в расчетные евклидовы дистанции.

На дендрограмме, построенной по результатам преобразования в ходе факторного анализа 33 исходных независимых переменных в восемь факторов (см. рис. 1), удается заметить ряд хорошо оформленных группировок – кластеров. В верхней (левой при горизонтальном рассмотрении) части расположен достаточно крупный макрокластер, содержащий в своем составе 15 из 36 плюсовых деревьев. Уровень окончательной агломерации в этот макрокластер близок семи единицам. В него входят два вполне плотных самостоятельных кластера, состоящих из девяти (K-14, K-99, K-40, K-49, K-170, K-109, K-172, K-45, K-206) и шести (K-3, K-18, K-6, K-39, K-47, K-108) объектов. При значении начальной агломерации около 1 единицы (объекты K-14, K-99, K-40 и объекты K-109, K-172) завершение их формирования происходит соответственно на уровне 5 и 6 единиц.

К первому макрокластеру с порогом агломерации, равным 10 единицам, примыкает следующий макрокластер, в который входят шесть плюсовых деревьев (К-17, К-22, К-38, К-21, К-5, К-199). Он также хорошо очерчен, хотя и менее плотен: агломерация объектов в нем завершена в пределах 9 единиц.

Остальные плюсовые деревья не образуют столь же хорошо оформленные группы. В их массе можно выделить несколько неплотных микрокластеров: первый объединил плюсовые деревья с индексами К-19, К-173, К-98; второй – К-106, К-215, К-20. Другие последовательно и относительно монотонно присоединяются к ранее сформированному ядру как индивидуально, так и в составе парных групп. Заметно отличается от остальных плюсовое дерево с индексом К-44. Его уровень присоединения к остальной группировке максимальный и составляет 25 масштабных единиц. Также заметно обособленными выступают плюсовые деревья К-95 и К-30, объединенные между собой на рубеже в 14 единиц и примыкающие к общему комплексу на уровне 21 единицы.

Полученная информация позволяет оценить весь комплекс анализируемых плюсовых деревьев, представленных на ЛСП № 24, с позиций «наиболее близкие–наиболее удаленные» по всему набору их характеристик. Установленная степень близости между ними по характеристикам пигментного состава хвои позволяет выявить группы наиболее сходных между собой образцов. К таковым могут быть отнесены, прежде всего, плюсовые деревья К-14, К-99, К-40, а также К-109 и К-172. Их уровень объединения в первичные микрокластеры близок к 1. При этом плюсовые деревья, вошедшие в первый микрокластер, заметно отличаются от тех, которые составили второй: объединение происходит на уровне более 5 единиц при диапазоне значений для всей процедуры кластеризации 25 единиц. В итоге весь ассортимент анализируемых плюсовых деревьев может быть представлен их группировками, различным образом удаленными одна от другой по установленному набору признаков. Аналогичные материалы были получены и на других объектах исследования: ЛСП № 1, ЛСП № 12; в архивах клонов № 1 и № 4. Повторение опытов в разные годы и на разновозрастной хвое подтвердили устойчивость наблюдаемых тенденций.

Выводы

1. Исследованный комплекс плюсовых деревьев сосны обыкновенной неоднороден по пигментному составу хвои. Степень несовпадения их характеристик неодинакова, что позволяет обозначить группы объектов, относительно близких между собой по всему набору анализируемых показателей, – кластеры, притом, что между группами обнаруживаются хорошо заметные различия.

2. Получено подтверждение стабильности тенденций в формировании методом главных компонент независимых факторов в группах переменных, представляющих собой многочисленные характеристики пигментного состава хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Факторный анализ позволил выполнить редукцию числа показателей при принципиальном сохранении информативности данных, представленных в исходном комплексе. Результаты построения дендрограмм по сформированным факторам вполне адекватны итогам их построения по первичным данным.

3. Кластерный анализ позволил выполнить естественную группировку плюсовых деревьев по критериям сходства пигментного состава хвои. Установлены группы плюсовых деревьев, имеющие относительно близкие характеристики по всему перечню анализируемых признаков – содержанию различных форм хлорофилла и каротиноидов, их суммарному содержанию и соотношению между ними. Выявлены объекты, являющиеся наиболее отдаленными от других в их исследованной совокупности.

4. Оценки относительной близости плюсовых деревьев, определяемые их принад-

лежностью к общему или разным кластерам и местом в их структуре, создают возможность для обоснованного выбора и формирования родительских пар и диаллельных комплексов при скрещивании как по стратегии наибольшего сходства, так и по стратегии максимальной удаленности друг от друга.

5. Сведения о степени близости объектов позволят обоснованно подойти к выбору компонентов родительских пар и составлению диаллельных комплексов при планировании мероприятий по гибридизации. Это может иметь отношение как к гетерозисной селекции, так и к работам по гибридологическому анализу, необходимому для оценки селекционного качества плюсовых деревьев, отобранных по фенотипу. При формировании родительских пар, близких по пигментному составу хвои, в них следует включать плюсовые деревья, которые входят в один кластер. При осуществлении стратегии использования отдаленных по своим признакам родителей целесообразно ориентироваться на их принадлежность к разным кластерам.

Список литературы

1. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. – Воронеж: Истоки, 2010. – 253 с.
2. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. Утв. Статс-секретарь, первый зам. руководителя Федеральной службы лесного хозяйства России М.Д. Гиряев, 11 января 2000 г. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 198 с.
3. Кундзиньш, А.В. Лесная селекция / А.В. Кундзиньш, Г.А. Игаунис, Я.Я. Гайлис, и др. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 200 с.
4. Озолина, И.А. Роль пигментов в защитно-приспособительных реакциях растений / И.А. Озолина, А.И. Мочалкин // Известия АН СССР. Сер. биол. – 1972. – № 1. – С. 96-102.
5. Мезенцева, В.Т. Сезонная динамика хлорофилла в хвое отдельных видов и экотипов лиственницы / В.Т. Мезенцева и др. // Известия вузов. Лесной журнал. – 1976. – № 6. – С. 132 - 135.
6. Тужилкина, В.В. Проективное содержание хлорофилла в коренных еловых фитоценозах / В.В. Тужилкина // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2009. – № 4. – С. 30-32.
7. Барская, Е. И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозостойкостью древесных растений / Е.И. Барская. – М.: Наука, 1967. – 223 с.
8. Новицкая, Ю.Е. Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях Севера / Ю.Е. Новицкая. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1971. – 117 с.

References

1. Efimov, Yu.P. Semennye plantatsii v selektsii i semenovodstve sosny obyknovennoy [Seed plantations in selection and seed farming of a Scots pine]. Voronezh: Istoki, 2010. 253 p.
2. Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiyskoy Federatsii [Guidelines on forest seed farming in the Russian Federation]. Validated by the secretary of state, First Deputy Head of Federal Service of Forestry in Russia M. D. Giryayev, January 11, 2000. M: VNIITSlesresurs, 2000. 198 p.
3. Kundzin'sh A.V., Igaunis G.A., Gaylis Ya.Ya., et al. Lesnaya selektsiya [Forest selection]. M.: Lesnaya promyshlennost, 1972. 200 p.
4. Ozolina I.A., Mochalkin A.I. Rol' pigmentov v zashchitno-prisposobitel'nykh reaktsiyakh rasteniy [The role of pigments in protective and adaptive reactions of plants]. Izvestiya AN SSSR. Ser.biol. [News of the Academy of Sciences in the USSR. Ser.biol.] 1972. No 1. P. 96-102.
5. Mezentseva V.T. et al. Sezonnaya dinamika khlorofilla v khvoe otdel'nykh vidov i ekotipov listvennitsy [Seasonal dynamics of a chlorophyll in needles of certain types and ecotypes of larch]. Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal [News of higher education institutions. Forest magazine]. 1976. No 6. P. 132 - 135.
6. Tuzhilkina V.V. Proektivnoe sodержanie khlorofilla v korennykh elovykh fitotsenozakh [The projective contents of chlorophyll in radical fir-tree phytocenosis]. Vestnik Instituta biologii Komi NTs UrO RAN [Vestnik of the Institute of biology in Komi NTs UrO Russian Academy of Sciences]. 2009. No 4. P. 30-32.
7. Barskaya E. I. Izmeneniya khloroplastov i vyzrevanie pobegov v svyazi s morozoustoychivost'yu drevesnykh rasteniy [Measurtment of chloroplast and offshoots maturation dependent on frost resistance of wood plants]. M.: Nauka. 1967. 223 p.
8. Novitskaya Yu.E. Osobennosti fiziologo-biokhimicheskikh protsessov v khvoe i pobegakh eli v usloviyakh Severa [Peculiarities of physiological and biochemical processes in needles and fir-tree offshoots in the North]. L.: Nauka, Leningradskoe otделение, 1971. 117 p.

9. *Duysens, L.* Mechanism of two photochemical reaction in algae as studied by means of fluorescence / L. Duysens, H.E. Sweers // Studies on microalgae and photosynthetic bacteria. – Tokyo: Univ. Tokyo press, 1963. – P. 353-372.
10. *Никитин, К.Е.* Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 272 с.
11. *Петров, С.А.* Рекомендации по использованию генетико-статистических методов в селекции лесных пород на продуктивность / С.А. Петров. – Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1984. – 43 с.
12. *Мандель, И.Д.* Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
13. *Ермаков, И.А.* Методы биохимических исследований растений / И.А. Ермаков, В.В. Арасимович, М.И. Смирнова-Иконникова, И.К. Мурри. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1952. – 520 с.
14. *Шлык, А.А.* Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А.А. Шлык // Биологические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.
15. *Максимов, Г.Л.* Методы биохимического анализа растений / Г.Л. Максимов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 192 с.
16. *Халафян, А.А.* STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян; 3-е изд. – М.: ООО «Бином Пресс», 2007. – 512 с.
9. *Duysens, L., Sweers H.E.* Mechanism of two photochemical reaction in algae as studied by means of fluorescence. Studies on microalgae and photosynthetic bacteria. Tokyo: Univ. Tokyo press, 1963. P.353-372.
10. *Nikitin K.E., Shvidenko A.Z.* Metody i tekhnika obrabotki lesovodstvennoy informatsii [Methods and equipment of processing of forestry information]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1978. 272 p.
11. *Petrov S.A.* Rekomendatsii po ispol'zovaniyu genetiko-statisticheskikh metodov v selektsii lesnykh porod na produktivnost'[Guidelines to use genetic and statistical methods in selection productive forest species]. Voronezh: TsNIILGiS, 1984. 43 p.
12. *Mandel' I.D.* Klasternyy analiz [Cluster analysis]. M.: Finansy i statistika, 1988. 176 p.
13. *Ermakov I.A., Arasimovich V.V., Smirnova-Ikonnikova M.I., Murri K.I.* Metody biokhimicheskikh issledovaniy rasteniy [Methods of biochemical researches plants]. M.-L.: Sel'khozgiz, 1952. 520 p.
14. *Shlyk A.A.* Opredelenie khlorofillov i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'ev [Defining chlorophyll and carotinoids in green leaves extracts]. Biologicheskie metody v fiziologii rasteniy [Biological methods in plant physiology]. M.: Nauka, 1971. P. 154-170.
15. *Maksimov G.L.* Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy [Methods of biochemical analysis of plants]. L.: Publishing house LGU, 1978. 192 p.
16. *Khalafyan A.A.* STATISTICA 6. Statisticheskii analiz dannykh [STATISTICA 6. Statistical analysis of data]; 3rd prod. M.:ООО «Binom Press», 2007. 512 p.

Статья поступила в редакцию 08.11.11.

БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Российская Федерация, Нижний Новгород). Область научных интересов – проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесобразующих пород, селекция сосны обыкновенной. Автор 45 публикаций.
E-mail: besschetnoval966@mail.ru

BESSCHETNOVA Natalia Nikolaevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Forest Cultures, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Russian Federation, Nizhny Novgorod). Scientific interests – issues of forest selection efficiency and improvement of selection potential for plus trees of the main forest forming species, selection of Scots pine. Author of 45 publications.
E-mail: besschetnoval966@mail.ru

N. N. Besschetnova

MULTIDIMENSIONAL ASSESSMENT OF SCOTS PINE PLUS TREES USING INDICATORS OF NEEDLE PIGMENT STRUCTURE

Key words: Scots pine; plus trees; clones; needle pigments; chlorophyll; carotinoids; factorial analysis; cluster analysis.

The existing system of mass selection of plus trees using a phenotype can be considerably improved by means of extending the list of descriptors used as selection criteria. According to some authors, the amount of pigments in pine needles depends on the tree resistance limiting environmental factors. This approach used to assess the selection results requires thorough employment of multidimensional complex analysis of biological objects.

The paper is aimed at obtaining multidimensional complex analysis of Scots pine plus trees using complex indicators of needle pigment structure and defining generalized statistic proximity of the analyzed items based on this data.

Clones of Scots pine plus trees were used as the object of research, generally concentrated in archives and on forest seed plantations in Nizhny Novgorod area. The content of pigment in needles was defined using traditional methods.

A number of indicators were joined into one complex factor based on the correlations between them. As a result it was possible to present the reference quantity of variables used at the initial stage research (10 indicators) reduced by their number (3 main components). The latter was of great importance especially at the finishing stage when processing large generalized complexes of multidimensional units represented by 30 or even 33 indicators – independent variables. It is expected that correlation is low between these generated complex factors.

The pigment contents of needles present in every plus tree under study, was very specific. It was revealed in both: the indicators of certain pigment content (a chlorophyll-a, a chlorophyll-b, carotinoids) and their relations and total values. The degree of discrepancy in their characteristics wasn't identical that allowed to combine the groups of objects relatively close in terms of all analyzed indicators into clusters, besides there are well noticeable distinctions between the groups.

The stability of tendencies in formation of independent factors in groups of variables representing numerous characteristics of pigment contents of needles by the method of principal components was obtained. The factorial analysis allowed to reduce a number of indicators while conserving data informational content presented in the source complex.

Cluster analysis allowed to group plus trees by the similarity of pigment contents in needles. The groups of plus trees having rather close characteristics in all the analyzed indicators i.e. contents of various forms of chlorophyll and carotinoids, their total contents and a ratio between them. The objects that are mostly different from the population under study were identified.

Estimates of relative proximity for plus trees, defined by their belonging to common or different clusters and the place in their structure, make it possible to make a well grounded choice when selecting parental combination and diallel complexes when crossing both based on maximum similarity as well as maximum difference between objects.

УДК 581.9:582.475

С. М. Лазарева

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА ПОБЕГОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА ПИХТ В СРЕДНЕМ ЗАВОЛЖЬЕ

*Рассмотрены некоторые закономерности роста побегов второго порядка 1998–2012 гг. формирования девяти видов рода *Abies* Mill. в связи с условиями увлажнения периода активной вегетации предшествующего года и периода роста побега. Приводятся краткие сведения о зимостойкости и степени теневыносливости экзотов и местного вида.*

Ключевые слова: виды рода *Abies*; интродукция; зимостойкость; рост побега; условия увлажнения.

Введение. Род *Abies* Mill. включает большое количество деревьев с высокими декоративными качествами. Тем не менее, в озеленении населенных мест пихты используются крайне редко из-за широко распространенного мнения об их низкой устойчивости к антропогенным нагрузкам, высокой требовательности к условиям увлажнения воздуха и плодородию почв [1–6]. Российским озеленителям больше известна экология и биология пихты сибирской, с которой они автоматически переносят «неблагонадежность» на другие виды рода. Род *пихта* является вторым по численности видов и внутривидовых таксонов (52 и 87 соответственно [7]) в семействе *Pinaceae* Lindl., уступая только роду *сосна*. С учетом культиваров (например, для *A. concolor* зарегистрировано 106 [8]) вероятность выбора таксона для включения в основной и дополнительный ассортиментные списки для целей озеленения населенных мест Республики Марий Эл (РМЭ) и Левобережного Заволжья Российской Федерации в целом существенно возрастает.

Цель настоящего исследования – рекомендации для ассортиментного списка видов пихты для озеленения населенных мест РМЭ на базе анализа закономерностей их роста и засухоустойчивости в условиях выращивания в Дендрарии Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета (БСИ ПГТУ).

Объектами исследования служили девять видов (11 таксонов, 12 образцов) рода *пихта*, выращиваемых в выровненных почвенно-грунтовых и агротехнических условиях Дендрария БСИ ПГТУ. Их краткая характеристика приведена в табл. 1.

Использованные методики. Зимостойкость оценивали по семибалльной шкале Главного ботанического сада Российской академии наук [9] с расчетом среднего многолетнего значения. Величину годичного прироста измеряли линейным способом с точностью до 0,1 см на побегах второго порядка южной и восточной экспозиций на высоте 1,2–1,8 м. Продолжительность жизни хвои определяли визуально.

Полевые материалы обработаны методами описательной статистики и однофакторного дисперсионного анализа [10, 11] с использованием прикладной программы Excel [12] на 95-процентном уровне значимости, а также графически. Долю влияния фактора на изменчивость длины текущего прироста рассчитывали по Н.А. Плохинскому [13]. Определение ботанической достоверности таксонов проводили методами описательной морфологии вегетативных и генеративных органов с использованием доступных источ-

ников [14–24]. Номенклатура выверена по базе данных сосудистых растений Королевского ботанического сада Кью «The Plant List» [7] и Базе данных Голосеменных «The Gymnosperm Database» [25]. Условия увлажнения периода активной вегетации – по значению гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова [26] на базе данных метеорологического поста БСИ ПГТУ.

Таблица 1

Краткая характеристика пихт – объектов исследования

Название таксона (№ образца)	Происхождение	Возраст, лет	Средняя многолетняя зимостойкость, балл	Средняя продолжи- тельность жизни хвои, лет
<i>A. alba</i> Mill. (1)	Ивано-Франковская обл., растения	35	2,4	9,5
<i>A. alba</i> Mill. (2)			1,9	6,9
<i>A. balsamea</i> (L.) Mill.	Липецкая ЛОСС, растения	65	1	8,5
<i>A. concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (1)	Липецкая ЛОСС, растения	40	1,03	6,6
<i>A. concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (2)	Прага, семена	26	1	5,9
<i>A. fraseri</i> (Pursh) Poir.	Липецкая ЛОСС, растения	40	1	9,1
<i>A. holophylla</i> Maxim.	Липецкая ЛОСС, растения	40	1	11,6
<i>A. lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.	Липецкая ЛОСС, растения	40	1,06	8,5
<i>A. nephrolepis</i> (Trautv. ex Maxim.) Maxim.	Неизвестно	~ 60	1	7,7
<i>A. sibirica</i> subsp. <i>semenovii</i> (B. Fedtsch.) Farjon	БС ННГУ, растения	51	1	4,5
<i>A. veitchii</i> Lindl.	Липецкая ЛОСС, растения	42	1,03	8,7
<i>A. sibirica</i> Mill.	Местный вид, семена	~ 70	1	12,3

Примечание: обл. – область, ЛОСС – лесная опытно-селекционная станция, БС ННГУ – ботанический сад Нижегородского государственного университета.

Результаты и их обсуждение. Выращивание экзотов и включение их в ассортиментные списки для озеленения населенных мест в условиях нестабильного умеренно-континентального климата, на первый взгляд, всегда рискованно. Основным лимитирующим фактором должны были бы являться условия перезимовки. Однако все исследованные деревья пихты в течение последних 25–43 лет (в том числе и зима 1978–1979 гг., когда абсолютный минимум температуры составил $-44,6^{\circ}\text{C}$) перезимовывают без существенных повреждений побегов и имеют 1 балл зимостойкости (табл. 1). Исключением является образец пихты белой, растения которого четко делятся на две группы – деревья с 1–2 и «кустарники» с 4–5 баллами зимостойкости.

По мнению лесных экологов и дендрологов, пихты являются тенелюбивыми древесными породами. Косвенным показателем степени требовательности растения к свету является продолжительность жизни хвои. Можно видеть (табл. 1), что разные виды экзотов имеют хвою с разной продолжительностью жизни: от 4,5 лет у п. Семенова до 12,3 года у местной п. сибирской. На базе имеющихся данных исследованные виды по

степени теневыносливости условно можно разделить на следующие группы: тенелюбивые (п. сибирская, п. цельнолистная), теневыносливые (п. белая, п. бальзамическая, п. Фразера, п. субальпийская, п. белокорая, п. Вича) и светолюбивые (п. одноцветная, п. Семенова).

Высокая чувствительность разных видов пихты к влажности воздуха и субстрата должна приводить к снижению прироста в засушливых условиях. Все ли виды одинаково требовательны к влаге и одинаково реагируют на засушливые условия периода вегетации? Засуха непосредственно в период роста побега или в предшествующий ему период замедляет рост? Ответы на эти вопросы позволят аргументировать необходимость и сроки полива вводимых в культуру пихт.

Текущий прирост побега второго порядка у растений пихты белой не зависел от степени зимостойкости растений и варьировал в 2001–2012 гг. от 3,8 (2003, 2004 гг.) до 18,7 см (2006, 2007 гг.). Средние значения текущего прироста побегов южной и восточной экспозиций за анализируемый период времени представлены на рис. 1.

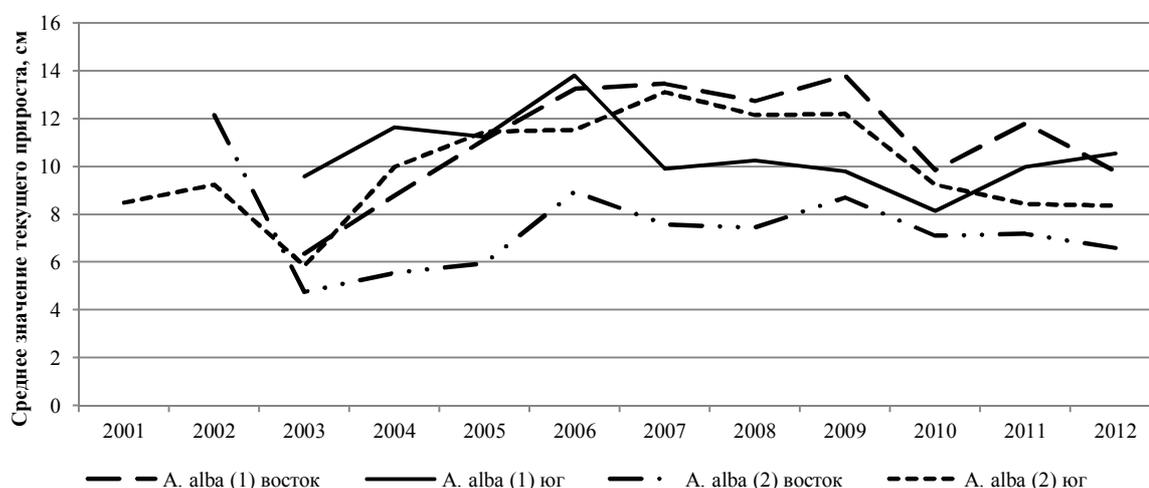


Рис. 1. Средние значения текущего прироста побегов второго порядка 2001–2012 гг. формирования южной и восточной экспозиций пихты белой низкой (1) и высокой (2) степени зимостойкости

Два четких падения среднего значения текущего прироста приходятся на 2003 год с достаточным увлажнением периода активной вегетации (далее – ПАВ) и роста побега после 2002 года с сильной засухой в ПАВ, второй – на 2010 год с очень сильной засухой в ПАВ после года со слабой засухой.

Текущий прирост побега второго порядка у растений пихты одноцветной не зависел от происхождения образцов и варьировал в 2005–2012 гг. от 1,3 (2005, 2007, 2010, 2012 гг.) до 19,8 см (2005, 2008 гг.). Средние значения текущего прироста годичного побега второго порядка за анализируемый период времени представлены на рис. 2. Падения величины среднего текущего прироста боковых побегов приходятся на 2010 год с очень сильной засухой в ПАВ после года со слабой засухой и на 2012 год со слабой засухой в период вегетации до окончания роста побегов после года с увлажнением ПАВ, близким к среднему.

Текущий прирост побегов второго порядка у растений п. цельнолистной из секции *Motii* варьировал в 2002–2012 гг. в следующих пределах: от 3,6 (2010, 2011 гг.) до 16,3 см (2007, 2008 гг.). Средние значения величины текущего прироста побегов второго порядка за анализируемый период времени представлены на рис.3.

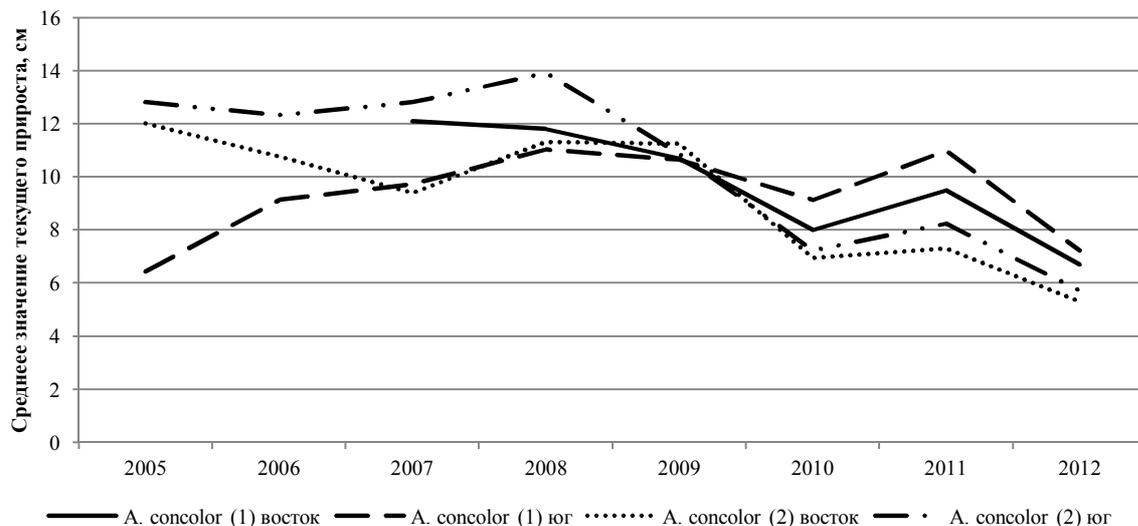


Рис. 2. Средние значения текущего прироста побегов второго порядка южной и восточной экспозиций 2005–2012 гг. формирования пихты одноцветной из Липецкой ЛОСС (1) и Праги (2)

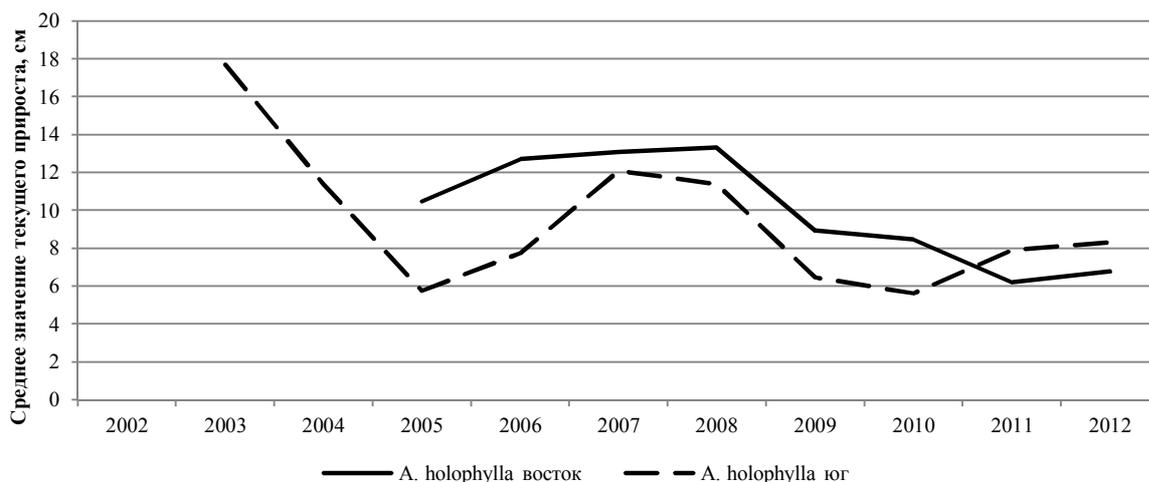


Рис. 3. Средние значения текущего прироста длины побегов второго порядка южной и восточной экспозиций 2002–2012 гг. формирования пихты из секции *Moti*

Резкое падение величины среднего значения текущего прироста длины бокового побега пихты из секции *Moti* приходится на 2009 год со слабой засухой в период активной вегетации после года с близким к среднему увлажнением ПАВ. В 2010 году с очень сильной засухой в ПАВ падение прироста продолжалось.

Текущий прирост побегов второго порядка у деревьев пихт из секции *Balsamea* подсекции *Laterales* варьировал в 1998–2012 гг. в следующих пределах: от 3,3 (2011 год) до 10,7 см (2004 год) у пихты бальзамической, от 4,2 (2012 год) до 19,0 см (2005 год) у пихты субальпийской, у местной пихты сибирской – от 3,0 (2011 год) до 16,1 см (2004 год). Средние значения текущего прироста длины побегов второго порядка за анализируемый период представлены на рис. 4.

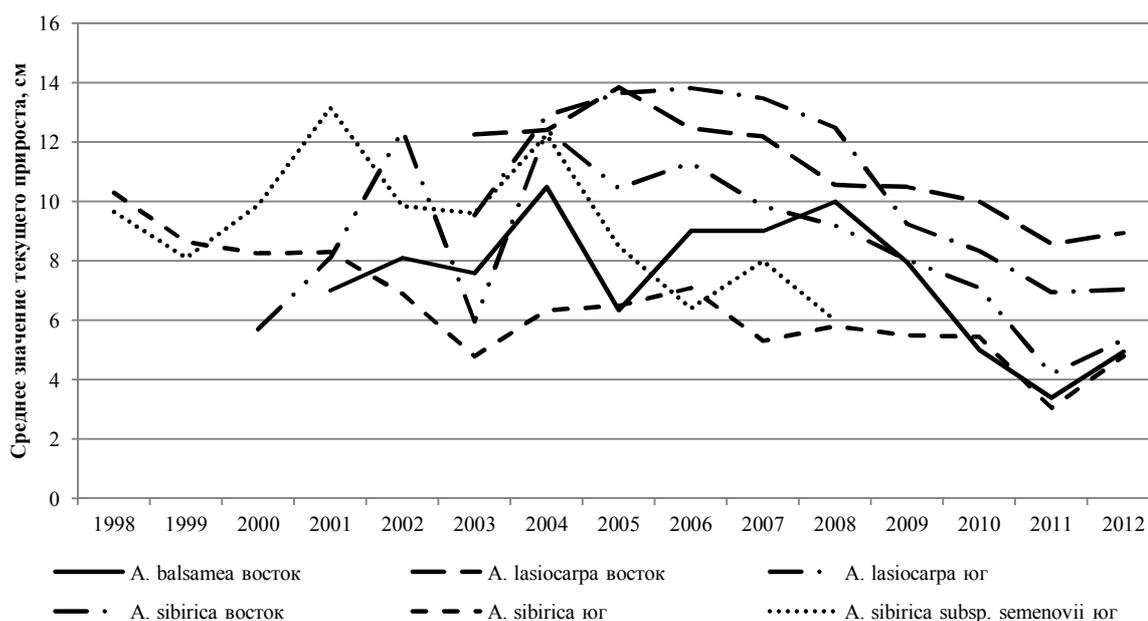


Рис. 4. Средние значения текущего прироста длины побегов второго порядка южной и восточной экспозиций 1998–2012 гг. формирования пихт секции *Balsamea* подсекции *Laterales*

Резкое снижение величины среднего значения текущего прироста боковых побегов южной и восточной экспозиций трех видов пихты приходится на 2003 год с достаточным увлажнением периода роста побегов после 2002 года с сильной засухой в ПАВ. Второе падение растянулось на четыре года – с 2008 года с пиком в 2011 году.

Аналогичная картина характерна и для представителей второй подсекции *Medianae* из секции *Balsamea* (рис. 5).

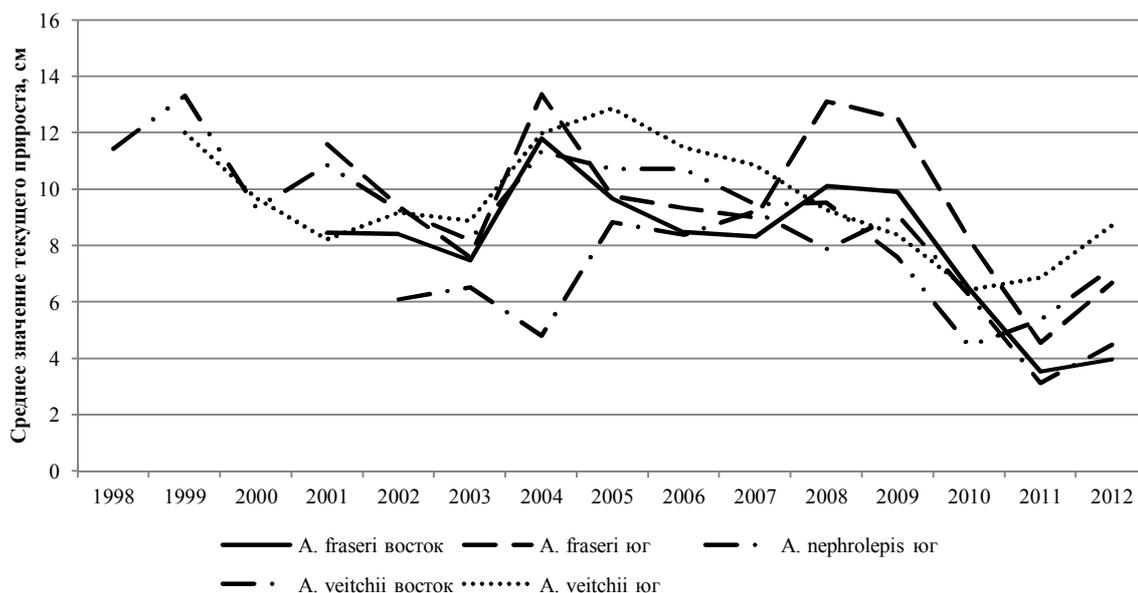


Рис. 5. Средние значения текущего прироста длины побегов второго порядка южной и восточной экспозиций 1998–2012 гг. формирования пихт секции *Balsamea* подсекции *Medianae*

Абсолютные величины длины побегов второго порядка южной и восточной экспозиций в 1998–2012 гг. у пихты Фразера варьировали от 2,8 (2001 год) до 15,7 см

(2004 год), у пихты Вича – от 1,5 (2011 год) до 15,8 см (2001, 2005 гг.), у пихты белоко-
рой – от 0,8 (2011 год) до 13,4 см (2005 год).

Дисперсионный анализ показал, что на изменчивость длины годичного побега вто-
рого порядка изученных таксонов пихты за анализируемый период времени (табл. 2)
влияет видовая принадлежность (25,1 – 28,3 %) и условия года его формирования (27,0
– 42,4 %).

Таблица 2

**Дисперсионный анализ доли влияния различных факторов на изменчивость величины
среднего годичного прироста побегов второго порядка пихт БСИ ПГТУ**

Фактор	Экспозиция побега	F _{опытный}	F _{критический}	Доля влияния, %
Видовая специфичность	восток	3,53	1,98	25,1
	юг	4,35	1,92	28,3
Видовая специфичность североамериканских пихт	восток	4,81	2,59	30,9
	юг	0,64	2,88	-
Видовая специфичность дальневосточных пихт	восток	0,88	3,28	-
	юг	6,53	2,81	29,9
Год формирования	восток	4,73	1,80	42,4
	юг	2,81	1,79	27,0
Год формирования побега североамериканских пихт	восток	5,09	1,96	56,0
	юг	3,54	2,18	60,0
Год формирования побега дальневосточных пихт	восток	5,33	2,20	78,0
	юг	0,89	1,99	-
Год формирования побега пихт из секции <i>Gandis</i>	восток	6,50	4,21	88,34
	юг	1,38	3,50	-
Год формирования побега пихт из секции <i>Balsamea</i>	восток	5,06	1,91	60,1
	юг	1,97	1,91	37,0
Год формирования побега пихт из секции <i>Momi</i>	юг	1,04	2,98	-
Год формирования побега пихт из секции <i>Abies</i>	восток	0,74	2,98	-
	юг	1,67	2,94	-

Видовая специфичность одной континентальной принадлежности не доказывается
однозначно как фактор, влияющий на изменчивость длины побега, как и год его фор-
мирования в секциях *Abies*, *Momi* и *Grandis* и в группе пихт Дальнего Востока. Однако
внутри группы североамериканских пихт и из секции *Balsamea* год формирования по-
бега вносит существенный вклад в изменчивость длины прироста: 56,0 – 60,0 % и 37,0 –
60,1 % соответственно.

Результаты анализа влияния условий увлажнения ПАВ в целом и с момента окон-
чания роста побегов предшествующего года, а также в период набухания-разверзания и
линейного роста побегов текущего года представлены в табл. 3.

Приведенные в табл. 3 данные свидетельствуют о том, что у растений пихты белой
максимальный средний текущий прирост за анализируемый период времени формиро-
вался независимо от характера увлажнения текущего года, но при условии увлажнения
не ниже недостаточного в предшествующий период активной вегетации. Минимальные
средние годовые приросты формируются даже в переувлажненных условиях текущего
года при засушливых условиях предшествующего ПАВ.

У растений пихты одноцветной максимальный средний годовой прирост побега
второго порядка формируется при условиях недостаточного/достаточного увлажнения
периода активной вегетации во время роста побега и при условии увлажнения периода
прошлого года с момента окончания роста побегов не ниже недостаточного. Мини-

мальные средние значения длины годичного побега характерны для лет с недостаточным увлажнением/слабой засухой в ПАВ прошлого года с момента окончания линейного роста побегов, при очень сильной засухе в период набухания-разверзания почек и недостаточном увлажнении во время линейного роста побегов.

Таблица 3

Условия увлажнения в предшествующий и текущий годы формирования максимального и минимального прироста побегов пихт БСИ ПГТУ

Секция	Название вида (№ образца)	Экспозиция	Максимальный средний текущий прирост				Минимальный средний текущий прирост			
			ПАВ предшествующего года	ПАВ с П64 предшествующего года	П61-П62 текущего года	П63-П64 текущего года	ПАВ предшествующего года	ПАВ с П64 предшествующего года	П61-П62 текущего года	П63-П64 текущего года
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Abies</i>	<i>A. alba</i> (1)	в	БкС	БкС	СрЗ	БкС	СЗ	ОСЗ	ОСЗ	ПУВ
		ю	НД	НД	БкС	СлЗ	СлЗ	СлЗ		ОСЗ
	<i>A. alba</i> (2)	в	Нд	Нд	СрЗ	СрЗ	СЗ	ОСЗ	ОСЗ	ПУВ
		ю	БкС	ПУВ	ПУВ	СлЗ				
<i>Grandis</i>	<i>A. concolor</i> (1)	в	БкС	ПУВ	ПУВ	НД	БкС	СлЗ	ОСЗ	НД
		ю		НД	ОСЗ	Д	НД	НД		
	<i>A. concolor</i> (2)	в	НД	НД	ОСЗ	НД	БкС	СлЗ	ОСЗ	НД
		ю	БкС			Д				
<i>Momi</i>	<i>A. sibirica</i> subsp. <i>semenovii</i>	ю	НД	НД	ОСЗ	БкС	БкС	СлЗ	СлЗ	НД
	<i>A. holophylla</i>	в	БкС	Д	-	Д	ОСЗ	ОСЗ	ОСЗ	ПУВ
		ю	СЗ	СЗ	-	Д	СлЗ	НД		ОСЗ
<i>Balsamea</i>	<i>A. balsamea</i>	в	Д	Д	ОСЗ	НД	ОСЗ	ОСЗ	ОСЗ	ПУВ
	<i>A. lasiocarpa</i>	в	НД	НД	ОСЗ	НД	ОСЗ	ОСЗ	ОСЗ	ПУВ
		ю			СлЗ	СлЗ				
	<i>A. sibirica</i>	в	НД	НД	СлЗ	БкС	ОСЗ	ОСЗ	ОСЗ	ПУВ
		ю	Д	БкС	НД	СЗ				
	<i>A. fraseri</i>	в	Д	Д	ОСЗ	БкС	ОСЗ	СЗ	ОСЗ	ПУВ
	ю									
<i>A. nephrolepis</i>	ю	БкС	ПУВ	-	БкС	ОСЗ	СЗ	ОСЗ	ПУВ	
<i>A. veitchii</i>	в	НД	НД	ОСЗ	ОСЗ	СлЗ	НД	ОСЗ	ОСЗ	
	ю				НД					

Примечание: в – восточная экспозиция, ю – южная экспозиция; ОСЗ – очень сильная засуха, СЗ – сильная засуха, СрЗ – средняя засуха, СлЗ – слабая засуха, НД – недостаточное увлажнение, БкС – близкое к среднему увлажнение, Д – достаточное увлажнение, ПУВ – переувлажнение; П61 – набухание вегетативных почек, П62 – разверзание вегетативных почек, П63 – начало линейного роста побегов, П64 – окончание линейного роста побегов.

У пихты цельнолистной из секции *Momi* максимальные средние годовые приросты формировались при близком к среднему и достаточном увлажнении в период роста побега и слабо зависели от условий увлажнения периода активной вегетации предшествующего года. При недостаточном увлажнении или переувлажнении в период линейного роста побегов их средний прирост был минимальным.

Для представителей видов пихт из секции *Balsamea* комплекс засушливых условий в предшествующий год и период набухания-разверзания почек приводил к минимизации длины текущего прироста побега второго порядка. Для формирования максимально длинного побега они требуют в период активной вегетации предшествующего года условия увлажнения не ниже недостаточного и недостаточные/близкие к среднему условия увлажнения в период линейного роста побегов.

Выводы

1. На данных средней многолетней зимостойкости (без учета декоративных качеств и возможности получения посадочного материала) в основной ассортиментный список для озеленения населенных мест РМЭ и сопредельных территорий предварительно можно рекомендовать п. бальзамическую, п. Фразера, п. цельнолистную, п. белокорую, п. Семенова, в дополнительный – п. одноцветную, п. Вича, п. субальпийскую.

2. Места посадки необходимо подбирать с учетом требовательности вида к световому довольствию: в тенистые – п. сибирскую, п. цельнолистную, в полутень – п. белую, п. бальзамическую, п. Фразера, п. субальпийскую, п. белокорую, п. Вича, на хорошо освещенные участки – п. одноцветную, п. Семенова.

3. Для формирования равномерных приростов и симметричной формы кроны в августе-сентябре лет с засушливыми условиями необходим искусственный полив пихт из секций *Abies*, *Grandis*, *Balsamea*, в апреле-июне – из секций *Grandis*, *Momi*, *Balsamea*.

Список литературы

1. Галактионов, И.И. Декоративная дендрология: учеб. пособ. / И.И. Галактионов, А.В. Ву, В.А. Осин. – М.: Высш. школа, 1967. – 319 с.
2. Шиманюк, А.П. Дендрология: учебник / А.П. Шиманюк. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 334 с.
3. Холявко, В.С. Дендрология и основы зеленого строительства: учебник / В.С. Холявко, Д.А. Глоба-Михайленко. – М.: Высш. школа, 1980. – 248 с.
4. Никитинский, Ю.И. Декоративное древоводство: учеб. пособие / Ю.И. Никитинский, Т.А. Соколова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 255 с.
5. Булыгин, Н.Е. Дендрология: учебник / Н.Е. Булыгин. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1991. – 352 с.
6. Пчелин, В.И. Дендрология: учебник / В.И. Пчелин. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2007. – 520 с.
7. The Plant List [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/browse/G/> (дата обращения: 10.10.2012).
8. Auders, Aris G. RHS Encyclopedia of Conifers / Aris G. Auders, Derek P. Spicer. – London: Royal Horticultural Society. – 2012. – Vol. 1. – P. 16-167.
9. Лапин, П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений (сборник научных работ). – М.: ГБС, 1973. – С. 7-67.

References

1. Galaktionov I.I., Vu A.V., Osin V.A. Dekorativnaya dendrologiya [Decorative dendrology]. M.: Vyssh. shkola, 1967. 319 p.
2. Shimanyuk A.P. Dendrologiya [Dendrology]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1967. 334 p.
3. Khol'yavko V.S., Globa-Mikhaylenko D.A. Dendrologiya i osnovy zelenogo stroitel'stva [Dendrology and the basics of green construction]. M.: Vyssh. shkola, 1980. 248 p.
4. Nikitinskiy Yu.I., Sokolova T.A. Dekorativnoe drevovodstvo [Decorative arboriculture]. M.: Agropromizdat, 1990. 255 p.
5. Bulygin N.E. Dendrologiya [Dendrology]. L.: Agropromizdat. Leningr. otd-nie, 1991. 352 p.
6. Pchelin, V.I. Dendrologiya [Dendrology]. – Yoshkar-Ola: Mariyskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2007. 520 p.
7. The Plant List. Access mode: <http://www.theplantlist.org/browse/G/> (Date of reference: 10.10.2012).
8. Aris G. Auders, Derek P. Spicer. RHS Encyclopedia of Conifers. London: Royal Horticultural Society. 2012. Vol. 1. P. 16-167.
9. Lapin P.I., Sidneva P.I. Otsenka perspektivnosti introduktsii drevesnykh rasteniy po dannym vizual'nykh nablyudeniyy [Evaluation of introduction prospects for wood plants based on the data of direct observation]. Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy (sbornik nauchnykh rabot) [Experience of wooden plants introduction (collection of research works)]. M.: GBS, 1973. P. 7-67.

10. Котов, М.М. Применение биометрических методов в лесной селекции: учеб. пособие / М.М. Котов, Э.П. Лебедева. – Горький: Горьковский государственный ун-т им. Н.И. Лобачевского, 1977. – 120 с.
10. Kotov M.M., Lebedeva E.P. Primenenie biometricheskikh metodov v lesnoy seleksii: ucheb.posobie [Application of biometric methods in forest selection: training manual]. Gor'kiy: Gor'kovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.I. Lobachevskogo, 1977. 120 p.
11. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
11. Zaytsev G.N. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike [Mathematical statistics in experimental botany]. M.: Nauka, 1984. 424 p.
12. Мидлтон, М.Р. Анализ статистических данных с использованием Microsoft® Excel для Office XP: учеб. издание / М.Р. Мидлтон. Пер. с англ.; под ред. Г.М. Кобелькова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 296 с.
12. Midlton M.R. Analiz statisticheskikh dannykh s ispol'zovaniem Microsoft® Excel dlya Office XP: ucheb.izdanie [Analysis of statistical data using Microsoft® Excel for Office XP: training manual]. translated from English, edited by G. M. Kobelkov. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2005. 296 p.
13. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1970. – 367 с.
13. Plokhinskiy N.A. Biometriya [Biometrics]. M.: Publishing house of the Moscow University, 1970. 367 p.
14. Флора СССР: Т. 1. / Сост. Е.Г. Бобров, М.М. Ильин, В.Л. Комаров, А.Н. Криштофович, Б.А. Федченко, А.В. Фомина, С.В. Юзепчук; гл. ред. акад. В.Л. Комаров; ред. первого тома М.М. Ильин. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1934. – 302 с.
14. Flora SSSR [Flora of the USSR]: T. 1. edited by E.G. Bobrov, M.M. Il'in, V.L. Komarov, A.N. Krishtofovich, B.A. Fedchenko, A.V. Fomina, S.V. Yuzepchuk; editor-in-chief Academician V.L. Komarov; edition of the first volume by M.M. Il'in. L.: Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1934. 302 p.
15. Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции Т.1. Голосеменные / Ред. д-р биол. наук. проф. С.Я. Соколов, чл.-корр. АН СССР Б.К. Шишкин. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. – 463 с.
15. Derev'ya i kustarniki SSSR: dikorastushchie, kul'tiviruemye i perspektivnye dlya introduktsii [Trees and shrubs of the USSR: wild-growing, cultivated and perspective for introduction]. T.1. Golosemennye [Gymnosperm]. Edited by Doctor of Biological Sciences prof. S.Ya. Sokolov, Member Correspondent of the USSR Academy of Sciences B.K. Shishkin. M.-L.: Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1949. 463 p.
16. Rehder, Alfred. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America exclusive of the subtropical and warmer temperate regions / Alfred Rehder. – New York: The MacMillan Company, 1949. – P. 8-48.
16. Rehder Alfred. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America exclusive of the subtropical and warmer temperate regions. New York: The MacMillan Company, 1949. P. 8-48.
17. Шкутко, Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение / Н.В. Шкутко; ред. акад. АН БССР и АН Таджикской ССР, д-р биол. наук, проф. Н.В. Смольский. – Мн.: Наука и техника, 1970. – 269 с.
17. Shkutko N.V. Khvoynye ekzoty Belorussii i ikh khozyaystvennoe znachenie [Exotic conifer species of Belarus and their economic value]; edited by Academician of AN of BSSR and AN Tajik SSR, Doctor of Biological sciences., Prof. of N.V. Smolsky. Mn.: Nauka i tekhnika, 1970. – 269 p.
18. Жизнь растений. Т. 4. Мхи, плауны, хвощи, папоротники, голосеменные растения / Под ред. проф. И.В. Грушвицкого, канд. биол. наук С.Г. Жилина. – М.: Просвещение, 1978. – С. 315-334, 350-373.
18. Zhizn' rasteniy [Life of plants.]. T. 4. Mkhi, plauny, khvoshchi, paporotniki, golosemennye rasteniya [Mosses, club mosses, horsetails, ferns, gymnosperm plants]; edited by Prof. I.V.Grushvitskiy, Candidate of Biological Sciences . S.G. Zhilina. M.: Prosveshchenie, 1978. – P. 315-334, 350-373.
19. Козубов, Г.М. Современные голосеменные (морфолого-систематический обзор и кариология) / Г.М. Козубов, Е.Н. Муратова; Отв. ред. А.А. Яценко-Хмелевский. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1986. – 192 с.
19. Kozubov, G.M. Muratova E.N. Sovremennye golosemennye (morfologo-sistematicheskii obzor i kariologiya) [Modern gymnosperm plants (morphological and systematic review and kariology)]; responsible editor-in- chief A.A.Yatsenko-Khmelevskiy. L.: Publishing house «Nauka», Leningrad office, 1986. 192 p.

20. *Kryussman Gerd*. Хвойные породы / Герд Крюссман; Пер. с нем. Н.Н. Непомнящего; под ред. и предисловие канд. биол. наук Н.Б. Гроздовой. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 256 с.
21. *Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N.* Древесные растения Азиатской России / И.Ю. Коропачинский, Т.Н. Встовская. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 707 с.
22. *Vstovskaya T.N.* Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада / Т.Н. Встовская, И.Ю. Коропачинский. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 235 с.
23. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции / Отв. ред. А.С. Демидов; Гл. ботан. сад им. Н.В. Цицина. – М.: Наука, 2005. – 586 с.
24. *Firsov G.A., Orlova L.V.* Хвойные в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, Л.В. Орлова. – СПб.: ООО «Издательство «Росток», 2008. – 336 с.: ил.
25. The Gymnosperm Database [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <http://www.conifers.org/> (дата обращения: 10.10.2012).
26. *Sennikov V.A.* Практикум по агрометеорологии: учеб. пособие / В.А. Сенников, Л.Г. Ларин, А.И. Белолобцев, Л.Н. Коровина. – М.: Колос С, 2006. – 215 с.
20. *Kryussman Gerd*. Khvoynye porody [Coniferous species]; translated from German by N.N. Nepomnyaschiy; edited and preface by Candidate of Biological Sciences N. B. Grozdova. M.: Lesnaya promyshlennost', 1986. 256 p.
21. *Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N.* Drevesnye rasteniya Aziatskoy Rossii [Tree plants of Asian Russia]. Novosibirsk: Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, «Geo» branch, 2002. 707 p.
22. *Vstovskaya T.N., Koropachinskiy I.Yu.* Drevesnye rasteniya Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada [Tree plants of the Central Siberian botanical garden]. Novosibirsk: Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, «Geo» branch, 2005. 235 p.
23. Drevesnye rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN: 60 let introduktsii [Wood plants of the Main botanical garden of N.V. Tsitsina of the Russian Academy of Sciences: 60 years of an introduction]. Editor-in-chief. A.S. Demidov; main botanical garden named after N. V. Tsitsin. M.: Nauka, 2005. – 586 p.
24. *Firsov G.A., Orlova L.V.* Khvoynye v Sankt-Peterburge [Coniferous trees in St. Petersburg]. SPb.: JSC «Rostok» Publishing House, 2008. – 336 p.: silt.
25. The Gymnosperm Database. Access : <http://www.conifers.org/> (date of reference: 10.10.2012).
26. *Sennikov V.A., Larin L.G., Belolyubtsev A.I., Korovina L.N.* Praktikum po agrometeorologii [Workshop on agricultural meteorology]. M.: Kolos S, 2006. 215 p.

Статья поступила в редакцию 04.12.12.

ЛАЗАРЕВА Светлана Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора Учебного ботанического сада-института, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – интродукция и акклиматизация растений, закономерности изменчивости в процессе акклиматизации видов семейства *Pinaceae* Lindl. Автор 90 публикаций.

E-mail: svel1967@mail.ru

LAZAREVA Svetlana Mikhaelovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Deputy Director of the Educational Botanical Garden Institute, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests include introduction and acclimatization of plants, regularities of variability during acclimatization of *Pinaceae* Lindl type. Author of 90 publications.

E-mail: svel1967@mail.ru

S. M. Lazareva

GROWTH REGULARITIES OF SECOND ORDER OFFSHOOTS OF SOME TYPES OF SILVER FIR GENUS IN MIDDLE ZAVOLZHYE

Key words: types of *Abies fir* genus; introduction; winter resistance; offshoot growth; moistening conditions.

Abies Mill. genus fir is rarely used in planting urban areas due to common knowledge about their low resistance to anthropogenic impact, high moisture demand and soil fertility. Russian landscape architects are more familiar with the ecology and biology of Siberian fir the unreliability of which they automatically transfer to other types of the genus.

The work is aimed at research of regularities of growth and drought resistance for some types of fir in the conditions of the Botanical Garden Institute at Volga State University of Technology and their application in urban greenery.

Nine types were included in the research (9 taxons and 12 samples) of fir tree genus *A. alba* Mill., *A. alba* Mill., *A. balsamea* (L.) Mill., *A. concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *A. concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *A. fraseri* (Pursh) Poir., *A. holophylla* Maxim., *A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt., *A. nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim., *A. sibirica* subsp. *semenovii* (B. Fedtsch.) Farjon, *A. veitchii* Lindl., *A. sibirica* Mill., grown within adjusted soil and agronomic conditions of the Botanical Garden Institute arboretum of Volga State University of Technology. The nomenclature is verified due to the data base of vascular plants of Royal Botanic Gardens, Kew "The Plant List" and data base of gymnosperm plants "The Gymnosperm Database".

The conditions of moisture during active vegetation period were characterized by the value of G.T. Selyaninov hydrothermic index based on data provided by weather station of Botanical Institute Garden at Volga State University of Technology. Winter resistance was evaluated using 7 ball scale developed by the main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences using the normal value. All field data are processed by mathematical statistics methods.

All fir trees under study within the last 25–43 years (including winter of 1978–1979 when the absolute minimum temperature was -44,6 °C) survive without critical damages of offshoots and are graded as 1 point of winter resistance.

The white fir trees feature the maximum average annual gain of offshoot of the second order under insufficient/sufficient moisture of the period of active vegetation during offshoot growth and under the conditions of moisture of the previous year period from the moment of the end of offshoot growth above the insufficient. The minimum average values of year offshoot length are characteristic for the years with insufficient moisture/weak drought during active vegetation in the previous year from the moment of the end of offshoot linear growth, severe drought during swelling and popping up of buds and insufficient moisture during the linear growth of offshoots.

Needle fir from Momi species features maximum annual increment when the moisture level is average or sufficient during the growth period and it doesn't depend on the moisture conditions during the vegetation period of the previous year. When the moisture was insufficient or excessive during the period of linear growth of offshoots its average increment was lowest.

The representative species of *Balsamea* fir featured reduction in current second order offshoot increment under drought conditions of the previous year and the period of buds swelling and popping up. To produce maximum offshoot increment it requires the moisture conditions that are above insufficient or insufficient/close to average during offshoot linear growth.

The following fir species can be recommended to be included in the main assortment list to be planted in the populated Povolzhie areas for beautification purposes (without taking into consideration decorative features and possibility for obtaining planting material): *A. balsamea* (L.) Mill., *A. fraseri* (Pursh) Poir., *A. holophylla* Maxim., *A. nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim., *A. sibirica* subsp. *semenovii* (B. Fedtsch.) Farjon,

Additionally the following fir trees can be recommended: *A. concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *A. veitchii* Lindl., *A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt.

Planting sites must be selected taking into consideration the species light requirements: i.e. the following firs should be planted in the shade: *A. sibirica* Mill., *A. holophylla* Maxim; the following firs should be planted in half-shade: *A. alba* Mill., *A. balsamea* (L.) Mill., *A. fraseri* (Pursh) Poir., *A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt., *A. nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim., *A. veitchii* Lindl., the following fir trees should be planted in well-lit areas: *A. concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr.; *A. sibirica* subsp. *semenovii* (B. Fedtsch.) Farjon.

To produce even increment and symmetrical crown shape in August-September under the conditions of dry summers the fir trees of the *Abies*, *Grandis*, *Balsamea* types and in April-June the fir trees of the *Grandis*, *Momi*, *Balsamea* types require artificial watering.

УДК 630*422.3+630*422.2

**В. П. Иванов, С. И. Марченко,
И. Н. Глазун, Д. И. Нартов, Л. М. Соболева**

ИЗМЕНЕНИЯ В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ПОСЛЕ ЛЕТНЕЙ ЖАРЫ 2010 ГОДА

Представлен анализ воздействия аномально высокой жары и засухи в июле-августе 2010 года на основные компоненты лесных биогеоценозов в Почепском районе (географическом центре) Брянской области. Выявлена неоднозначная реакция изучаемых представителей биоты на жару и засуху в зависимости от времени и длительности воздействия. Установлены компоненты, с наибольшим и наименьшим ущербом перенёсшие жару. Даны прогнозные оценки по устойчивости компонентов природных экосистем.

Ключевые слова: аномальная жара; засуха; растительные организмы и сообщества; лесообразователи; сосна обыкновенная; ель европейская; дуб черешчатый; берёза повислая; подрост; палинологические исследования; лесные пожары; биологическая устойчивость.

Введение. Аномально высокая температура воздуха в Центральном регионе России летом 2010 года была вызвана обширным, малоподвижным, длительным антициклоном, который не пропускал в регион другие воздушные массы. С 24 июня до 20-х чисел августа на территории Брянской области установилась температура воздуха свыше 30°C в дневное время, её максимум составил +38,4°C. Длительный период высоких температур сопровождался отсутствием атмосферных осадков, пониженной влажностью воздуха, снижением запасов всех видов влаги в почве, ухудшением роста, а иногда и гибелью растений. Период аномально жаркой погоды по продолжительности не имел аналогов за более чем вековую историю наблюдений.

Цель работы – анализ ситуации и перспектива последствий климатических аномалий на отдельные компоненты лесного биогеоценоза на примере Почепского района (лесистость 21,8%), который является географическим центром Брянской области.

Объекты и методика. Многолетние систематические наблюдения за состоянием различных компонентов природных экосистем, начатые в 2001 году [1–3], позволили собрать значительный объем фактических данных, характеризующих природные экосистемы в районе исследований. Объектами исследований являлись: лесные почвы, древостой сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели европейской (*Picea abies* L.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), берёзы повислой (*Betula pendula* Roth), подрост, генеративные процессы основных лесообразователей, почвенная мезофауна, санитарно-патологическое состояние насаждений, травяные ценозы.

Работа проводилась на стационарных пробных площадях по ОСТу 56-71-96 «Порядок проведения научно-исследовательских работ в лесном хозяйстве»; ОСТу 56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки» и др.

Почвенные исследования базировались на результатах морфологического описания опорных почвенных разрезов, заложенных на стационарных пробных площадях. При

этом фиксировалась активность (по количеству трансагрегатных пор) отдельных групп почвенной мезофауны, в частности, дождевых червей.

Исследования генеративной сферы основных лесобразующих пород выполнялись общепринятыми фенологическими методами [4], использовались собственные методические разработки [5, 6]. Оценка гомеостаза растений, в частности, березы повислой, выполнена по методике В. М. Захарова с соавторами [7]. Дендрохронологические исследования проводились по методике Т.Т. Битвинскаса [8]. Изучение прироста древесных растений в высоту проводилось по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова [9]. Санитарное и лесопатологическое состояние древостоев определялось с использованием стандартных методик [10]. Изучение процессов лесовозобновления проводилось с использованием круговых площадок ($S=10 \text{ м}^2$), на которых устанавливалось количество подроста по породам, состоянию и характеру размещения по площади [11].

Геоботанические исследования проводились по методикам, приведенным в монографии А.Д. Булохова [12], с использованием экологических шкал Г. Элленберга и шкал облилия-покрытия Ж. Браун-Бланке.

Обсуждение результатов исследований. Высокие температуры и длительные засухи оказывают негативное влияние на рост и развитие растительных организмов и сообществ. В этот период поступление воды через корневую систему растений затрудняется, расход влаги на транспирацию превосходит ее поступление из почвы, водонасыщенность тканей уменьшается, нарушаются нормальные условия процесса фотосинтеза и транспирации, растения перегреваются, нарушаются метаболические процессы. Анализ результатов исследования отдельных компонентов биогеоценозов целесообразно начать с характеристики температурного режима в июле–августе 2010 года.

Метеоданные предоставлены WEB-сайтом «Расписание Погоды», gr5.ru (метеостанция г. Трубчевск, Россия, WMO_ID=26997, ближайшая к географическому центру Брянской области).

С начала лета температура воздуха (рис. 1) неуклонно возрастала, с 13 по 28 июля и с 31 июля по 17 августа ежедневно превышала $+30^\circ\text{C}$. Аномально высокими дневными температурами (более $+35^\circ\text{C}$) характеризовался период времени с 1 по 9 августа. Максимальная температура $+38,4^\circ\text{C}$ зафиксирована 9 августа в 16 часов. Следует отметить, что в летний сезон 2010 года выпало менее 150 мм осадков, что усугубило негативное влияние аномально высоких температур на живые организмы.

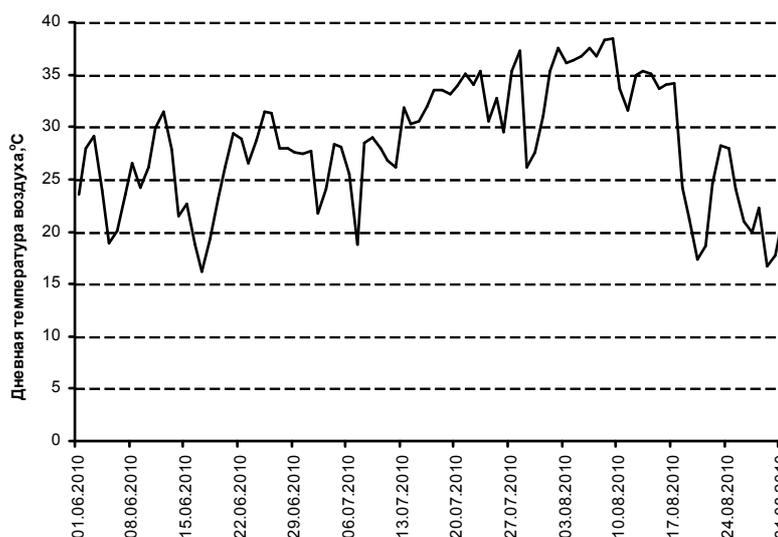


Рис. 1. Динамика дневных температур воздуха в летние месяцы (июнь–август 2010 года)

Анализ проявления аномально высоких дневных температур воздуха с другими климатическими показателями (рис. 2) подтвердил, что наиболее часто температуры воздуха выше $+30^{\circ}\text{C}$ наблюдались на фоне повышенного атмосферного давления (выше 740 мм рт. ст.) и низкой относительной влажности воздуха (менее 50 %). В этих условиях растения вынуждены дополнительно расходовать лимитированные запасы влаги на транспирацию.

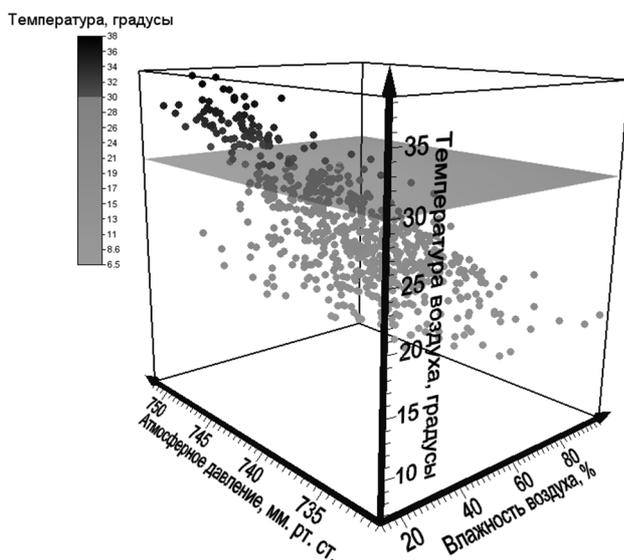


Рис. 2. Взаимосвязь метеопоказателей в летние месяцы 2010 года

различного назначения. Корневые системы древесных растений, адаптированные к условиям многолетних циклов колебания уровней грунтовых вод, испытали стресс в виде отсроченного снижения прироста биомассы. Особенно сильное повреждение отмечено у ели европейской (у южной границы ареала), имеющей поверхностную корневую систему.

Увеличение глубины залегания грунтовых вод, в первую очередь, сказывается на состоянии насаждений старших возрастов – приспевающих, спелых и перестойных – основных хранителей и поставщиков генетического материала (пыльцы, семян). Молодые растения с более пластичной корневой системой имеют больше шансов на выживание, и в будущем это может привести к изменению породного состава лесов в районе исследований. Ослаблению насаждений старших возрастов способствуют вспышки развития насекомых-вредителей и болезней.

Аномальные погодные условия лета 2010 года явились предпосылкой изменения соотношения генетических рядов почв. Почвенный покров в пределах существующих ландшафтов является довольно консервативным, однако лимитирование запасов влаги в течение вегетационного периода приводит к увеличению доли автоморфных почв за счет сокращения площадей полугидроморфных и гидроморфных почв. Отсутствие продолжительных ливневых осадков способствовало затуханию, а в отдельных случаях – полному прекращению развития линейных эрозионных процессов. Прекратился плоскостной смыл почвенного материала на землях присетевого и гидрографического земельных фондов. На более влагоёмких почвах (суглинки, глины, торфяники) растения реже испытывают последствия засухи, чем на песках и супесях.

Длительное снижение полевой влажности почв на фоне высоких абсолютных температур приводит к замедлению процессов разложения и минерализации органического вещества, существенно обедняет видовой состав мезофауны и усиливает напряжен-

Повышение испаряемости и транспирации растений при атмосферной засухе усугубляет почвенную засуху, что приводит к существенным изменениям видового состава и количества почвенной мезофауны, микробоценоза, направленности и скорости почвообразовательных процессов. В Почепском районе Брянской области уменьшение количества осадков и аномальная жара вызвали понижение уровня грунтовых вод. Процесс отрыва каймы капиллярного подъема грунтовых вод от корненасыщенных почвенных генетических горизонтов усугубило строительство подземных коммуникаций и линейных объектов

ность в пищевых трофических связях, ухудшает условия дальнейшей переработки органики различными организмами в пищевых цепочках. Например, кольчатые черви, в изобилии встречавшиеся на землях, вышедших из-под сельхозпользования, резко сократили численность, что, в свою очередь, привело к снижению количества кротов и землероек.

Влияние техногенных воздействий на компоненты природных экосистем в последние десятилетия происходит на фоне изменчивости основных показателей климатических факторов в отдельные годы (температура и влажность воздуха, количество осадков). На Европейской территории России примерно через 11 лет происходят засухи, совпадающие с циклами солнечной активности. В различные годы, с интервалом примерно 40 лет, уровень дневных температур может достигать экстремальных значений для растений умеренного пояса (до $+40^{\circ}\text{C}$), что отрицательно сказывается на их метаболизме, но у большинства из них выработаны защитные адаптационные механизмы для перенесения засухи.

Исследование генеративных процессов 2010–2011 гг. у основных лесообразователей (сосны обыкновенной, ели европейской, дуба черешчатого, березы повислой) не выявило существенных отклонений от нормы. Это объясняется тем, что формирование репродуктивных органов, микро- и макроспорогенез, оплодотворение, эмбриогенез протекали до начала засухи.

С учётом двухлетнего генеративного цикла у сосны обыкновенной в мае 2010 года сформировались шишки 1-го года, мужские и женские стробилы. Созревание и лёт пыльцы происходили по времени в пределах нормы, оплодотворение и рост шишек прошли в июне, до начала засухи, которая могла бы оказать влияние на формирование шишек 1-го года и семян в шишках 2-го года. Однако предварительный анализ продуктивности семян шишек не выявил значительного отклонения в урожайности и качестве семян от нормы. Шишки 1-го года на деревьях сосны, отмеченные в марте 2011 года, являлись залогом урожая текущего года.

Анализ мужских стробилов не выявил существенных отклонений в их формировании, а также в количестве и качестве пыльцы. В 2011 году не было обнаружено существенных нарушений в генеративной сфере сосны обыкновенной по морфологическим показателям, связанных с последствиями засухи. Ситуацию можно объяснить устойчивостью сосны к высоким температурам, т.к. ее ареал находится в аридных ландшафтных зонах – от лесостепной до полупустынной, где дневные температуры в летний период достигают $+40^{\circ}\text{C}$.

Естественный ареал дуба черешчатого также находится в более южных ландшафтных зонах. Генеративные процессы у него протекают в апреле–июне, и на оплодотворение большое влияние оказывают поздние весенние заморозки и длительные похолодания. В 2010 году оплодотворение у дуба черешчатого прошло успешно, сформировался обильный урожай желудей. Засуха не оказала существенного отрицательного действия на созревание желудей, хотя наблюдался довольно значительный опад незрелых плодов. Всходы, появившиеся в мае – июне 2011 года, свидетельствуют о хорошем качестве урожая желудей.

Для ели европейской характерна периодичность семеношения, 2010 год был неурожайным, формирование генеративных органов наблюдалось только у отдельных деревьев. Весной 2011 года было отмечено формирование мужских и женских стробилов также на отдельных деревьях, т.е. засуха не оказала существенного влияния на генеративную сферу ели европейской.

Генеративные процессы у березы повислой в 2010 и 2011 гг. в целом протекали успешно. В конце апреля – начале мая наблюдалось пыление у мужских соцветий,

успешно прошло оплодотворение, образовались соплодия с семенами. Отмечалось более раннее созревание семян (вторая декада июня), хотя в обычные годы это происходит в последней декаде июня. Проращивание семян в лаборатории показало их хорошее качество, т.к. всхожесть оказалась в пределах нормы.

На фоне представленных наблюдений необходимо отметить раннее пожелтение и опадение отдельных листьев березы в Почепском районе – уже в конце июня 2010 года. В результате раннего старения листового аппарата растения не способны запасти достаточное количество питательных веществ, что снижает их биологическую устойчивость и негативно сказывается на дальнейшем состоянии. Низкая оводнённость растительных тканей, снижение тургора ведут к деформациям листьев и, как следствие, – к увеличению асимметрии билатеральных признаков, используемых при расчетах величины флуктуирующей асимметрии для оценки состояния природной среды. Можно ожидать увеличения абсолютных значений показателя стабильности развития, т.к. при стрессовых воздействиях (длительная жара, существенный недостаток влаги) возрастёт флуктуирующая асимметрия листовых пластинок.

Анализ прироста в высоту у деревьев сосны обыкновенной не выявил существенных различий между показателями 2009–2011 гг., т.к. основной рост верхушечного побега в 2010 году происходил до начала засухи в мае – июне и завершился в первой декаде июля. У ели европейской имеются рано- и позднораспускающаяся формы, и в связи с тем, что рост верхушечного побега происходит в июне – июле, засуха вызвала снижение прироста в высоту лишь у позднораспускающейся формы.

Значительное негативное влияние засуха оказала на прирост деревьев в толщину, который происходит с конца мая до середины октября. Индексы радиального прироста у сосны, произрастающей в ТЛУ С₂₋₃, уменьшились на 22 %; у сосны и березы, произрастающих в ТЛУ В₂₋₃, уменьшились на 37 и 16 %, соответственно. На радиальный прирост сосны обыкновенной жара оказала более выраженное влияние в относительно бедных лесорастительных условиях (ТЛУ В₂₋₃), где прирост по диаметру сократился на 15 % относительно ТЛУ С₂₋₃.

В соотношении между зонами ранней и поздней древесины у хвойных преобладает ранняя древесина (у сосны – 2/3, у ели – 3/4 годичного кольца); у дуба черешчатого преобладает поздняя древесина, которая составляет 3/4 ширины годичного кольца. Как правило, формирование поздней древесины начинается после завершения роста верхушечного побега: соответственно, у сосны – с середины июля, у ели – в конце июля, у дуба – в июне, поэтому осенью 2010 года отмечено значительное снижение прироста поздней древесины у всех изучаемых видов, но наиболее существенное – у дуба.

Уменьшение продуктивности древесных растений, связанное с угнетением роста в толщину, привело к снижению биологической устойчивости деревьев ели и дуба, что наиболее ярко проявляется на положительных формах рельефа, и вызвало локальное усыхание ельников и дубрав.

Наблюдения за древесными растениями-интродуцентами в насаждениях г. Брянска и г. Почеп выявили отрицательное влияние засухи на состояние туи западной, ели колючей, конского каштана обыкновенного, ореха грецкого. Произошла гибель примерно 30 % особей туи западной в городских посадках; ослабление многих особей сопровождалось отмиранием значительного количества нижних ветвей у конского каштана обыкновенного, ореха грецкого, ели колючей, причем, более интенсивно процесс протекал на легких по механическому составу почвах.

Усыхание ели европейской с относительно поверхностным расположением корневой системы в центральном регионе России, как правило, носит циклический характер, т.к. она является менее устойчивой к засухе. Особенностью последних десятилетий яв-

ляется сокращение продолжительности вспышек усыхания ели с 11–12-летнего циклов до 6-летнего, что объясняется изменением солнечной активности и совместным негативным воздействием антропогенных и климатических факторов. Снижение биологической устойчивости насаждений создает дополнительную кормовую базу для стволовых вредителей и ведет к резкому росту их численности уже на второй–третий годы после воздействия, например, вспышки размножения короеда-типографа в еловых древостоях были отмечены весной 2011 года.

Характер и степень развития очагов инфекционных болезней также зависят от условий внешней среды и состояния древостоев. В ослабленных древостоях усиливается развитие заболеваний, вызываемых факультативными сапротрофами и паразитами (некрозы коры, различные виды рака, стволовые и корневые гнили). В результате этого происходит накопление сухостоя, ухудшается лесопатологическое состояние насаждений, а в дальнейшем происходят их деградация, распад, а иногда и гибель. На этом негативном фоне особенности развития различных заболеваний зависят уже во многом от лесоводственно-таксационных характеристик древостоев: состава, возраста, формы, относительной полноты, а также от типа леса и типа лесорастительных условий.

Длительная жара крайне негативно влияет на естественное возобновление лесообразователей. В развитии подростка на фоне ослабления его состояния при засухе решающей является возрастающая конкуренция растений в зоне ризосферы. При достаточной освещенности подрост не появляется или погибает из-за иссушения почвы корнями материнского полога леса. Засуха в исследуемый период привела к ухудшению состояния подростка всех древесных пород, но наиболее значительно – ели европейской. В результате понижения уровня грунтовых вод часть елового подростка перешла в неблагоприятное состояние и погибла. Велика вероятность, что усыхание подростка ели будет интенсивно продолжаться в свежих типах лесорастительных условий (ТЛУ: В₂, С₂, Д₂), в орляковых, бруснично-черничных, кислично-зеленчуковых и лещиново-костяничных типах леса, что приведёт к значительному сокращению площадей с подростом ели и отразится на характере сукцессионных процессов в лесу.

Подрост сосны обыкновенной более устойчив к засухе, т.к. стержневая корневая система сосны способна извлекать влагу из более глубоких горизонтов почвы. Хотя сосна по отношению к влаге является ксерофитом, у соснового подростка отмечается падение прироста, ухудшение состояния и переход его в категорию неблагонадежного. Сосна более теневынослива в первые годы жизни, и поэтому мелкий (более юный) подрост имеет лучшее состояние, но при одинаковой освещенности под пологом леса он переходит в менее благонадежную категорию на бедных и сухих почвах.

Подрост дуба в исследуемых насаждениях чаще встречается на влажных почвах. Засуха ослабила влияние материнского полога в связи с увеличением естественного отпада, и в результате изменения светового и теплового режимов состояние подростка улучшилось. Кроме того, 2010 год был для дуба весьма урожайным, и в 2011 году в насаждениях наблюдалось обилие всходов, поэтому на влажных почвах возможно увеличение площадей с подростом дуба в результате снижения конкуренции за влагу и элементы минерального питания с материнским древесным пологом леса.

Геоботанические исследования травяно-кустарничкового яруса в лесных и луговых фитоценозах, проведенные на 66-и учетных площадках и по маршрутным ходам, выявили различную реакцию растений на условия засушливого периода в разных растительных сообществах. Всего выявлено 374 вида сосудистых растений из 75 семейств, что свидетельствует о значительном биологическом разнообразии флоры.

Отрицательное влияние засухи меньше сказалось на травяно-кустарничковом ярусе в лесных, болотных и водных фитоценозах. В лесных фитоценозах, представленных

широколиственными лесами, производными смешанными лиственными лесами, лесными культурами сосны и ели на месте дубрав, преобладают неморальные растения, основной жизненный цикл которых проходит в весенний период до массового распускания листьев деревьев, поэтому у большинства травяных растений генеративные процессы завершились до наступления засухи, у растений-эфемеров произошло отмирание вегетативной надземной части.

В большей степени засуха оказала влияние на травяные растения суходольных лугов и старопахотных земель на возвышенных формах рельефа, что проявилось в снижении продуктивности травостоя, преждевременном отмирании наземных частей растений, сокращении продолжительности генеративных стадий развития.

Последующие наблюдения в 2011 году за развитием и состоянием живого напочвенного покрова не выявили существенного отклонения от нормы. В целом, не отмечено изменения флористического состава изучаемых растительных сообществ после засушливого периода 2010 года.

Засуха в значительной степени способствует возникновению и распространению лесных пожаров на значительных территориях, т.к. подсыхание лесной подстилки, потеря влаги живыми тканями растений, наличие в лесах смолистых веществ в воздухе усугубляют пожароопасную обстановку. Сухие верхние генетические горизонты гидроморфных почв увеличивают вероятность возникновения торфяных пожаров, для локализации и тушения которых требуются значительные денежные средства и людские ресурсы.

Несмотря на экстремальные погодные условия, в лесах Почепского района зафиксирован всего один низовой пожар на площади 1,5 га (Семецкое лесничество), в то время как на территории Брянской области их количество составило 349. Единичный пожар на территории лесного фонда Почепского района объясняется значительной профилактической работой по предотвращению пожаров. Здесь создано 420 км минерализованных полос, проведен уход за противопожарными барьерами протяженностью свыше 1000 км, проложено 2,5 км дорог противопожарного назначения и осуществлен ремонт 8,5 км дорог. Кроме того, сотрудниками лесничества проведены контролируемые выжигания горючих лесных материалов на площади 129 га.

Выводы. Погодно-климатические аномалии продолжают оставаться наиболее значимым масштабным фактором воздействия на природные экосистемы, оказывая значительное влияние на гомеостаз живых организмов и отдельные компоненты неживой среды. Высокая температура воздуха и почвы, длительный период без осадков приводят к снижению уровня грунтовых вод, почвенной засухе и, как следствие, к нарушению практически всех физиологических процессов в древесных, кустарниковых и травянистых растениях.

В этих условиях значительные изменения происходят в почве. Низкая влажность почв на фоне высоких температур тормозит процессы разложения и минерализации органических веществ, сокращает биоразнообразие мезофауны и мелких млекопитающих. Намечилась тенденция изменения соотношения основных генетических рядов почв в сторону увеличения доли автоморфных почв, что привело к затуханию эрозийных процессов.

У основных древесных пород-лесообразователей Европейской части России – сосны обыкновенной, ели европейской, дуба черешчатого и березы повислой – не выявлено существенных отклонений от нормы протекания генеративных процессов в 2010–2011 гг., т.к. засушливый период пришелся на вторую половину лета, когда основные этапы формирования генеративной сферы уже завершились.

В районе исследований наблюдалось раннее изменение окраски листьев и дефолиация у березы повислой, что можно считать реакцией вида на резкие климатические аномалии.

Более значительное негативное проявление засушливого периода сказалось на приросте деревьев большинства изучаемых видов по диаметру, второй максимум которого совпал по времени с наибольшим значением высоких температур. Осенью 2010 года отмечено значительное снижение прироста поздней древесины, но наиболее существенное – у дуба (позднораспускающаяся форма).

Как следствие, снижение продуктивности насаждений на фоне угнетения роста в толщину отрицательно сказалось на биологической устойчивости ели европейской и дуба черешчатого, наиболее выраженное на положительных формах рельефа.

Анализ воздействия засушливого периода на основные древесные породы показал, что наиболее значительное усыхание отмечено в насаждениях ели европейской – вида с поверхностной корневой системой. Более устойчивыми в этих условиях оказались насаждения сосны обыкновенной и дуба черешчатого, что связано с особенностями строения их корневых систем.

Последствием воздействия засушливого периода является развитие очагов инфекционных болезней в ослабленных насаждениях: некрозы коры, различные виды рака, стволовые и корневые гнили, что сопровождается накоплением сухостоя, ухудшением лесопатологического состояния насаждений, ростом численности насекомых-вредителей.

Засушливый период в значительной степени влияет на характер и направленность сукцессионных процессов в лесных сообществах. Усыхание подроста ели, снижение качества подроста сосны и в отдельных случаях дуба (основных лесообразователей) может привести к изменению породного состава лесов региона в ближайшей перспективе.

Травяно-кустарничковый ярус в лесных и луговых фитоценозах также испытал негативное воздействие аномально высоких температур и длительное отсутствие осадков, что больше сказалось на травянистых растениях суходольных лугов и старопашотных земель на возвышенных формах рельефа. Биоразнообразие травянистых растений, в целом, сохранилось, но снижение продуктивности травостоев, преждевременное отмирание наземных частей растений, сокращение продолжительности генеративных стадий развития явилось следствием наблюдаемых погодных аномалий.

Несмотря на повышенную пожароопасность в засушливый период 2010 года, своевременная реализация программы противопожарных мероприятий показала их высокую эффективность в лесах Почепского района Брянской области.

Последствия негативного влияния засушливого периода на фитоценозы и другие компоненты биоты очевидны, но во многом ситуация может усугубляться при его совпадении с периодами активного роста и развития растительных организмов. В 2010 году это произошло сравнительно в меньшей степени, т.к. период жары пришелся на вторую половину лета.

Список литературы

1. Экологическое состояние природных систем в зоне арсенала химического оружия «Долина» (Почепский район Брянской области) / Под ред. В.П. Иванова. – М.: ООО «Агентство Ракурс Продакшн», 2003. – 36 с.

References

1. Ekologicheskoye sostoyaniye prirodnykh sistem v zone arsenala khimicheskogo oruzhiya «Dolina» (Pochepskiy rayon Bryanskoy oblasti) [Ecological Condition of Natural Systems in the Area of Chemical Weapon Arsenal «Dolina» (Pocherpsky district of the Bryansk region)]. Under the editorship of V.P.Ivanov. – M.: LLC «Agentstvo Rakurs Production», 2003. 36 p.

2. *Акименков, Н.В.* Комплексный мониторинг состояния природной среды в зоне защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области / Н.В. Акименков, С.А. Бачегов, Г.В. Брылева и др. // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. – № 1. – С. 68-73.
3. *Иванов, В.П.* Состояние лесных экосистем в районе объекта уничтожения химического оружия (Почепский район Брянской области) / В.П. Иванов, С.И. Марченко, И.Н. Глазун и др. – Брянск: Ладомир, 2011. – 174 с.
4. *Булыгин, Н.Е.* Биологические основы дендрофенологии: основные этапы и перспективы развития, методы, теоретическое и прикладное значение / Н.Е. Булыгин. – Л.: ЛТА, 1982. – 80 с.
5. *Иванов, В.П.* Методологические аспекты определения биометрических параметров шишек сосны обыкновенной / В.П. Иванов, С.И. Марченко, Л.В. Зайцева, Ю.В. Иванов // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной Вестник. – 2012. – № 1. – С. 42-46.
6. *Иванов, В.П.* Использование показателей развития женской генеративной сферы сосны обыкновенной в экологическом мониторинге / В.П. Иванов, С.И. Марченко, И.Н. Глазун и др. // Экология и промышленность России. – 2012. – № 8. – С. 56-59.
7. *Захаров, В.М.* Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
8. *Битвинская, Т.Т.* Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинская. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 172 с.
9. *Молчанов, А.А.* Методика изучения прироста древесных растений / А.А. Молчанов, В.В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
10. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Приложение 3 к приказу Рослесхоза от 29.07.2007 № 523. – М.: Рослесхоз, 2007. – 73 с.
11. *Тихонов, А.С.* Лесоведение. Учебное пособие для студентов вузов / А.С. Тихонов. – Калуга: ГП «Облиздат», 2011. – 332 с.
2. *Akimenkov N.V., Bachegov S.A., Bryleva G.V., et al.* Kompleksnyy monitoring sostoyaniya prirodnoy sredy v zone zashchitnykh meropriyatiy ob"ektov po khraneniyu i unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya v g. Pochep Bryanskooy oblasti [Complex Monitoring of the Environment Condition in the Region of Protective Measures Regarding Chemical Weapon Facilities Storage and Destruction in Pocherp (Bryansk region)]. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology]. 2010. No 1. P. 68-73.
3. *Ivanov V.P., Marchenko I.N., Glazun, et al.* Sostoyanie lesnykh ekosistem v rayone ob"ekta unichtozheniya khimicheskogo oruzhiya (Pochepskiy rayon Bryanskooy oblasti) [Forest Ecosystems Condition in the Area of CW Destruction Facility (Pocherpsky district of the Bryansk region)]. Bryansk: Ladomir, 2011. 174 p.
4. *Bulygin N.E.* Biologicheskie osnovy dendrofenologii: osnovnye etapy i perspektivy razvitiya, metody, teoreticheskoe i prikladnoe znachenie [Biological Basis of Dendrophenology: Basic Stages and Development Prospects, Methods, Theoretical and Applied Significance]. L.: LTA, 1982. – 80 p.
5. *Ivanov V.P., Marchenko S.I., Zaytseva L.V., Ivanov, Yu.V.* Metodologicheskie aspekty opredeleniya biometricheskikh parametrov shishek sosny obyknovennoy [Methodological Aspects of the Scots Pine Cones Biometric Parameters Definition]. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoy Vestnik [Vestnik of Moscow State Forest University. Forest Vestnik.]. 2012. No 1. P. 42-46.
6. *Ivanov V.P., Marchenko I.N., Glazun, et al.* Ispol'zovanie pokazateley razvitiya zhenskoy generativnoy sfery sosny obyknovennoy v ekologicheskom monitoringe [Scotch Pine Feminine Genesic Maturity in Ecological Monitoring]. Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry in Russia]. 2012. No 8. P. 56-59.
7. *Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., et al.* Zdorov'e sredy: metodika otsenki [Environment Health: Estimation Technique]. M.: Tsentri ekologicheskoy politiki Rossii, 2000. 68 p.
8. *Bitvinskaya T.T.* Dendroklimaticheskie issledovaniya [Dendroclimate Research]. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 172 p.
9. *Molchanov A.A., V.V. Smirnov.* Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy [Methods of Woody Plants Accretion Study]. M.: Nauka, 1967. 100 p.
10. Rukovodstvo po planirovaniyu, organizatsii i vedeniyu lesopatologicheskikh obsledovaniy. Prilozhenie 3 k prikazu Rosleskhoza ot 29.07.2007 № 523 [Manual in Planning, Organization and Carrying Out of Forest Pathology Research. Appendix 3 to the Order of the Federal Forestry Agency dated 29.07.2007 No 523]. M.: Rosleskhoz, 2007. 73 p.
11. *Tikhonov A.S.* Lesovedenie. Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov [Forestry Study Guide for Students]. Kaluga: GP «Oblizdat», 2011. 332 p.

12. Булохов, А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение / А.Д. Булохов. – Брянск: БГУ, 2004. – 245 с.

12. *Bulokhov A.D.* Fitoindikatsiya i ee prakticheskoe primenenie [Phytoindication and Its Practical Application]. Bryansk: BGU, 2004. 245 p.

Статья поступила в редакцию 27.03.12.

ИВАНОВ Валерий Павлович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства, Брянская государственная инженерно-технологическая академия (Российская Федерация, Брянск). Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, экология. Автор более 150 публикаций.

E-mail: ivpinfo@mail.ru

МАРЧЕНКО Сергей Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и почвоведения, Брянская государственная инженерно-технологическая академия (Российская Федерация, Брянск). Область научных интересов – лесные культуры, экология, почвоведение. Автор 87 публикаций.

E-mail: mars_bryansk@mail.ru

ГЛАЗУН Игорь Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового и ландшафтного строительства, Брянская государственная инженерно-технологическая академия (Российская Федерация, Брянск). Область научных интересов – лесная радиоэкология и радиобиология, дендрология. Автор 120 публикаций.

E-mail: BGITAkafSPLS@yandex.ru

НАРТОВ Дмитрий Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, Брянская государственная инженерно-технологическая академия (Российская Федерация, Брянск). Область научных интересов – рубки леса, естественное возобновление, восстановление коренных ясеневых лесов. Автор 46 публикаций.

E-mail: dmitry_nartov@mail.ru

СОБОЛЕВА Людмила Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесозащиты и охотоведения, Брянская государственная инженерно-технологическая академия (Российская Федерация, Брянск). Область научных интересов – фитопатология, экология, защита растений. Автор 40 публикаций.

E-mail: lsobolevai@yandex.ru

Valery P. IVANOV – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Bryansk State Engineering and Technological Academy (Russian Federation, Bryansk). Research interest – silvics, forestry, ecology. The author of more than 150 publications.

E-mail: ivpinfo@mail.ru

Sergey I. MARCHENKO – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forestry Crops and Pedology, Bryansk State Engineering and Technological Academy (Russian Federation, Bryansk). Research interest – forestry crops, ecology, pedology. The author of 87 publications.

E-mail: mars_bryansk@mail.ru

Igor N. GLAZUN – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Landscape and Garden Engineering, Bryansk State Engineering and Technological Academy (Russian Federation, Bryansk). Research interest – forest radioecology and radiobiology, dendrology. The author of 120 publications.

E-mail: BGITAkafSPLS@yandex.ru

Dmitry I. NARTOV – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forestry, Bryansk State Engineering and Technological Academy (Russian Federation, Bryansk). Research interest – forest felling, natural regeneration, indigenous ash forests restoration. The author of 46 publications.

E-mail: dmitry_nartov@mail.ru

Ludmila M. SOBOLEVA – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Protection and Hunt Science, Bryansk State Engineering and Technological Academy (Russian Federation, Bryansk). Research interest – plant pathology, ecology, plant protection. The author of 40 publications.

E-mail: lsobolevai@yandex.ru

V. P. Ivanov, S. I. Marchenko, I. N. Glazun, D. I. Nartov, L.M. Soboleva

**BIOGEOCENOSIS CHANGES IN CENTRAL PART OF THE BRAYNSK REGION
AFTER HOT SUMMER-2010**

Key words: heat wave; drought; plant bodies and vegetation communities; forest-forming species; *Pinus sylvestris* L.; *Picea abies* L.; *Quercus robur* L.; *Betula pendula* Roth; undergrowth; palynological research; forest fires; biopersistence.

Extensive and slow-moving anticyclone in the Central part of Russia in summer 2010 did not let pass other air masses in the region and led to heat wave. From June 24 till late August daytime temperature in the Bryansk region was constantly over 30°C. Recorded maximum was +38.4°C. Lack of atmospheric precipitates, low air humidity and reduction in reserves of all kinds of humidity in the soil accompanied the long heat wave. There were no such weather for more than a century. The work objective is to evaluate the condition of natural ecosystems components with the use monitoring data. The process of monitoring was launched in 2001 for scientific and practical purposes. The objects of research were forest soils, forest stands of *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* L., *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth, undergrowth, genetic processes of the main forest forming species, soil mesofauna, sanitary-pathological condition of plantations and herb coens. The work was carried at the stationary sampling area with the use of standard approved methods. Soil research was based on the results of strong soil pits morphological characteristics laid on the stationary sampling areas. At that, an activity of some groups of soil mesofauna, earthworms activity in particular, was registered. Study of genetic processes of the main forest forming species was carried out with the use of traditional phonological methods. Besides, some authors methodological techniques were also used. Plants homeostasis evaluation, the European white birch evaluation in particular, was carried out by the system of Zakharov V.M. and his coauthors. Dendrochronological research was carried out by the system of Bitvinskas T.T. Woody plants accretion (height) study was carried out by the system of Molchanov A.A. and Smirnov V.V. Sanitary and forest pathological condition of the forest stands was determined with the use of standard methods. Low soil humidity caused by hot weather slows down the process of organic substances decomposition, reduces mesofauna and small mammals biodiversity. No significant deviances in genetic processes of the *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) H.Karst., *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth for 2010-2011 years were revealed. The reason for it is that drought season took place in late July and August.

Early leaves decolorizing and defoliation of the *Betula pendula* Roth were observed in the research area. Drought caused accretion reduction in diameter. A significant accretion reduction of autumn timber was observed. Biological sustainability of the *Picea abies* (L.) H.Karst., and *Quercus robur* L has become weaker. *Picea abies* (L.) H.Karst with lateral root system showed the most serious drying. *Pinus sylvestris* L., and *Quercus robur* L. species turned out to be more sustainable to the described weather conditions. Drought led to spread of the infection diseases among weak plantations. As a result, a number of dead-wood increased and forest pathological condition of the plants became worse. Fir-tree undergrowth drying, pine-tree (and in some cases oaks) undergrowth quality worsening can lead to forest succession in the nearest future. Herb plants growing on upland dry meadows and old arable lands suffered from drought most of all.

All herb plants biodiversity survived, but plant stand productivity reduced. Consequences of drought season negative influence on plant community are evident, but the situation may worsen if the drought season will take place at the time of plants active growth.

УДК 630*18

Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, А. М. Швецов

ПОТРЕБЛЕНИЕ И ВЫНОС ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЙМЕННОМ БИОТОПЕ

Приведены данные по зольному составу древесины 13 различных пород деревьев, произрастающих в краткопойменном биотопе. Проведен расчет валового годовичного потребления насаждениями основных минеральных веществ, их общего накопления в стволовой древесине и выноса за пределы биогеоценоза при рубке леса.

Ключевые слова: *древесные растения; зольные элементы; потребление и вынос.*

Введение. Деятельность древесных растений, как и всех других организмов, связана с потреблением из окружающей среды минеральных веществ, идущих на постройку их тканей и органов. Вещества, находящиеся в золе растений, являются в основном эссенциальными, т.е. жизненно важными [1–3], хотя некоторые из них могут быть ядами, накопленными в результате загрязнения природы продуктами антропогенной деятельности. Зольный состав различных органов растений, таким образом, несет важную информацию как об условиях среды, так и свойствах самих растений в отношении эффективности использования ими ресурсов почвы [4–12]. Расшифровка этой информации необходима для познания закономерностей биологического круговорота веществ и создания теоретических основ оптимизации породного состава лесов. Основное хранилище зольных элементов – ствол древесных растений, с которым при рубках леса безвозвратно выносятся за пределы биогеоценоза значительное количество минеральных веществ. Оценка зольного состава древесины различных видов древесных растений, валового потребления и депонирования ими зольных элементов в пределах одного биотопа является, в связи с этим, весьма актуальной и практически важной задачей.

Целью работы являлась оценка зольного состава древесины различных пород деревьев, динамики валового потребления и депонирования ими ряда минеральных элементов в процессе роста в краткопойменном биотопе.

Материал и методика. Исходный материал представлен кернами здоровой древесины (без признаков гнили), взятыми осенью 2011 года с 13 различных аборигенных и интродуцированных пород деревьев (по 12–15 деревьев каждой породы), произраставших в насаждениях естественного и искусственного происхождения на дерново-слабоподзолистых среднеглинистых аллювиальных пойменных почвах в ТЛУ D₂₋₃. Образцы древесины высушивали до абсолютно сухого состояния при температуре 110°C, измельчали, взвешивали и сжигали в муфельной печи при температуре 450°C. Содержание элементов в золе определяли на атомно-абсорбционном спектрометре AAnalyst 400, а пробоподготовку образцов проводили по типовым методикам [13, 14]. Содержание элемента в образце оценивали по формуле $C_Э = C_P \times V_P \times M_3 / M_H \times M_C$, где $C_Э$ – содержание элемента в сухом образце, мг/кг; C_P – концентрация элемента в растворе, мг/л; V_P – объем раствора, в котором была растворена зола (50 мл для Ca, K,

Mn, Zn, Fe, Cu и 25 мл для Pb, Ni, Cd и Co); M_3 – масса золы, г; M_H – масса навески, г; M_C – масса высушенного образца, г. Цифровой материал обработан на ПК с использованием стандартных методов математической статистики [15, 16].

Результаты и обсуждение. Первым этапом исследований потребления и выноса растениями из почвы зольных элементов является оценка их содержания в древесине. Анализ полученного материала показал, что содержание золы и зольных элементов в древесине различных пород деревьев, произрастающих в одном биотопе, изменяется в довольно больших пределах (табл. 1). Более всего в древесине всех пород содержится кальция, являющегося основой оболочки клеток. За ним следует калий. На порядок меньше содержится в образцах железа, марганца, стронция и цинка. Замыкают ранговый ряд Ni, Pb, Co и Cd. По величине коэффициента вариации элементы располагаются в следующий ранговый ряд: Fe > Cd > Co > Pb > K > Zn > Mn > Ca > Ni > Sr > Cu > Cr. Связь между содержанием металлов в образцах и коэффициентом его вариации отсутствует ($r = 0,06$). Доля содержания в золе оцененных нами элементов составляет по массе в среднем 49,3 %, изменяясь от 39,4 у ольхи черной до 54,8 % у дуба черешчатого. К числу массовых элементов, которые нам по техническим причинам пока не удалось оценить, относятся Mg, Si, Al, Na, Ba, P и S.

Таблица 1

Пределы изменчивости содержания зольных элементов в древесине различных пород деревьев

Элемент	Параметры изменчивости содержания элементов*						
	M_x	min	max	S_x	m_x	V, %	P, %
Зола	0,56	0,22	1,63	0,39	0,11	69,8	19,4
Ca	1762,0	845,4	4759,3	1002,5	278,0	56,9	15,8
K	835,8	163,1	2730,3	705,0	195,5	84,3	23,4
Fe	27,00	5,90	131,10	33,57	9,31	124,3	34,5
Mn	10,70	4,06	23,81	7,03	1,95	65,7	18,2
Sr	8,94	3,87	17,18	4,17	1,16	46,7	12,9
Zn	7,57	1,29	20,12	5,50	1,52	72,6	20,1
Cu	1,675	1,105	2,881	0,526	0,146	31,4	8,7
Cr	1,427	0,648	2,228	0,430	0,119	30,2	8,4
Ni	0,351	0,141	0,615	0,167	0,046	47,6	13,2
Pb	0,229	0,069	0,778	0,194	0,054	84,8	23,5
Co	0,165	0,069	0,610	0,143	0,040	86,6	24,0
Cd	0,136	0,024	0,498	0,162	0,045	119,2	33,1
Сумма	2656,1	1057,4	6634,8	1538,4	426,7	57,9	16,1
Доля	49,3	39,4	54,8	5,1	1,4	10,4	2,9

Примечание: * содержание золы и доля учтенных элементов выражены в %, а содержание остальных элементов – в мг/кг абсолютно сухой массы древесины.

Содержание в древесине большинства металлов слабо связано между собой, а также с величиной зольности (табл. 2). Тесная связь отмечена только между зольностью древесины и содержанием в ней кальция и калия, а также между содержанием кобальта и свинца. Умеренно тесные связи наблюдаются между содержанием в древесине K и Ca, Sr и Ca, Cd и Ca, Ni и K, Cu и K, Sr и Cd. Зависимости, которые можно использовать для оценки содержания одного элемента по содержанию другого, отображаются следующими уравнениями:

$$Ca = 2753 \cdot Z^{0,754}; R^2 = 0,835;$$

$$K = 1573 \cdot Z^{1,235}; R^2 = 0,769;$$

$$Co = 0,074 \cdot \exp(2,639 Pb); R^2 = 0,806;$$

где Ca, K, Co – содержание в древесине соответствующего элемента, мг/кг; Z – содержание золы в древесине, %.

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции между содержанием элементов в древесине

Элемент	Значения коэффициентов корреляции между элементами											
	Зола	Ca	K	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Co
Зола	1,00											
Ca	0,93	1,00										
K	0,84	0,62	1,00									
Fe	-0,07	-0,18	-0,11	1,00								
Mn	-0,28	-0,30	-0,34	0,05	1,00							
Sr	0,51	0,61	0,22	-0,41	-0,17	1,00						
Zn	0,35	0,50	0,06	-0,11	0,24	0,09	1,00					
Cu	0,27	0,00	0,56	0,35	-0,23	-0,37	-0,13	1,00				
Cr	0,44	0,40	0,43	-0,01	-0,02	-0,01	0,30	0,13	1,00			
Ni	0,51	0,33	0,64	0,16	-0,12	-0,18	-0,18	0,58	0,17	1,00		
Pb	0,14	0,21	-0,08	0,32	-0,27	0,23	0,07	-0,30	-0,38	-0,23	1,00	
Co	0,11	0,14	-0,02	0,29	-0,40	0,16	0,06	-0,23	-0,39	-0,26	0,94	1,00
Cd	0,54	0,68	0,19	-0,16	-0,19	0,58	0,51	-0,40	0,16	-0,16	0,30	0,33

По характеру распределения содержания в древесине различных пород деревьев все элементы объединяются между собой в четыре кластера (рис. 1). В первый кластер вошли зола, Ca, K, Sr и Cd, во второй – Mn, Zn и Cr, в третий – Fe, Cu и Ni, в четвертый, самый маленький и плотный, – Co и Pb.

Между содержанием в древесине части элементов, как свидетельствуют приведенные данные, наблюдается отрицательная корреляция, что свидетельствует об их антагонистических отношениях между собой. В этом плане особенно выделяются железо и марганец, которые ингибируют потребление деревьями многих зольных элементов, играющих важную роль в протекании физиологических процессов.

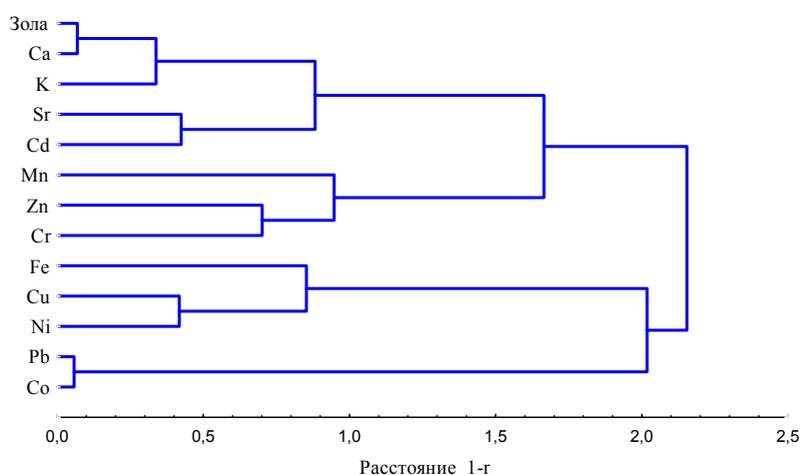


Рис. 1. Дендрограмма сходства зольных элементов по характеру их распределения в древесине различных пород деревьев, построенная способом Варда по матрице коэффициентов корреляции

Древесные породы, произрастающие в пределах одного пойменного биотопа в практически сходных лесорастительных условиях, существенно различаются между собой по зольности древесины и содержанию в ней зольных элементов (табл. 3), что свидетельствует о разной эффективности использования ими питательных веществ. Больше всего затрачивает минеральных веществ на образование 1 кг древесины, как свидетельствуют приведенные данные, тополь бальзамический сорта «Берлинский». Несколько уступает ему по зольности древесины вяз гладкий. Эти две породы деревьев больше всех потребляют кальция и калия. По содержанию в древесине железа первое место занимает ольха черная, меди и никеля – вяз, марганца и цинка – береза, свинца и кобальта – сосна, хрома – пихта, стронция и кадмия – тополь. Наиболее эффективно использует почвенный потенциал лиственница сибирская, в древесине которой золы содержится в 7,4 раза меньше, чем в древесине наиболее расточительной в экологическом плане породы – тополя бальзамического. На образование 1 кг древесины лиственница, по сравнению с другими породами деревьев, затрачивает намного меньше жизненно важных минеральных веществ, в частности кальция и калия. Ранговые ряды древесных растений по содержанию минеральных веществ в их древесине выглядят следующим образом:

- кальция: Т > ВЗ > Ос > Чер > Лп > Б > Ол (с) > Е > Пх > Ол (ч) > Д > С > Лц;
- калия: ВЗ > Т > Пх > Лп > Ос > Д > Ол (с) > Ол (ч) > Чер > Б > С > Е > Лц;
- железа: Ол (ч) > С > Ол (с) > ВЗ > Т > Б > Пх > Д > Ос > Лп > Е > Чер > Лц;
- марганца: Б > Лц > Пх > Ол (ч) > Е > Лп > Т > Д > Ол (с) > Ос > Чер > С > ВЗ;
- стронция: Т > Лц > Е > Чер > ВЗ > Ос > С > Лп > Пх > Ол (с) > Б > Ол (ч) > Д;
- цинка: Б > Т > Ос > Ол (с) > Е > Пх > С > Ол (ч) > Чер > ВЗ > Лц > Лп > Д;
- меди: ВЗ > Ол (ч) > Д > Ол (с) > Б > Чер > Е > Т > Пх > Ос > Лп > С > Лц;
- хрома: Пх > Ос > Т > Ол (ч) > ВЗ > Лп > Е > Ол (с) > Б > Чер > Д > Лц > С;
- никеля: ВЗ > Лп > Д > Ол (ч) > Т > Б > Чер > Пх > Ол (с) > Ос > Лц > Е > С;
- свинца: С > Т > Чер > Ол (ч) > Ол (с) > Пх > Б > Лц > Лп > ВЗ > Е > Д > Ос;
- кобальта: С > Т > ВЗ > Ол (с) > Ол (ч) > Ос > Чер > Б > Лп > Пх > Е > Д > Лц;
- кадмия: Т > Ос > С > Лц > Чер > Б > ВЗ > Пх > Лп > Е > Ол (ч) > Ол (с) > Д.

По интегральному индексу потребления минеральных веществ, который представляет собой среднее значение индексов содержания зольных элементов, на первом месте находится тополь бальзамический, а на последнем – дуб черешчатый (рис. 2). Наиболее стабильно сохраняет свое ранговое положение среди всех древесных пород в отношении содержания в их древесине зольных элементов черемуха птичья (рис. 3).

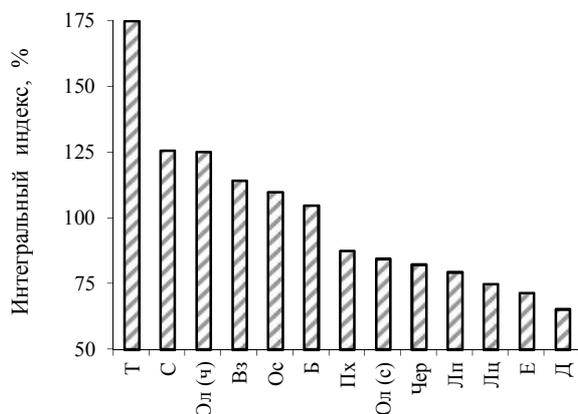


Рис. 2. Ранговый ряд пород деревьев по интегральному индексу потребления ими зольных веществ

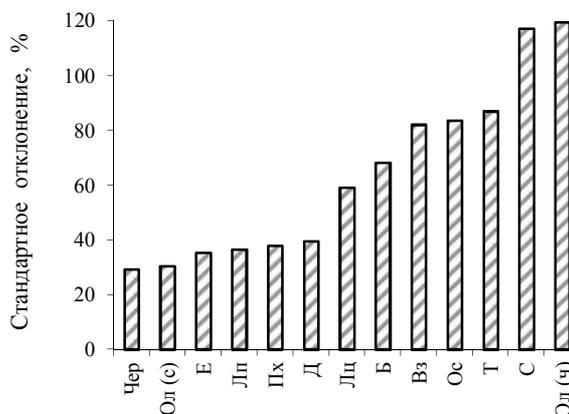


Рис. 3. Ранговый ряд пород деревьев по стандартному отклонению индекса потребления ими зольных веществ

Таблица 3

Содержание золы и зольных элементов в древесине различных пород деревьев

Древесное растение	Зола, %	Содержание химических элементов, мг/кг сухого вещества												
		Ca	K	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Co	Cd	Сумма
Сосна	0,27	1111,8	274,0	53,4	4,08	-	5,59	1,148	0,648	0,141	0,778	0,610	0,191	1461,3
Ель	0,35	1399,5	245,8	11,0	9,78	12,54	7,76	1,560	1,491	0,157	0,110	0,091	0,041	1689,8
Пихта	0,46	1269,9	1001,9	16,9	16,96	6,85	6,16	1,363	2,228	0,237	0,180	0,098	0,049	2322,8
Лиственница	0,22	845,4	163,1	5,9	23,80	13,34	3,41	1,105	0,790	0,194	0,141	0,069	0,154	1057,4
Дуб	0,31	929,7	738,3	14,4	7,88	3,87	1,29	2,074	0,987	0,524	0,103	0,082	0,024	1699,2
Вяз	1,15	2282,2	2730,3	19,2	4,06	10,05	4,22	2,881	1,563	0,615	0,116	0,153	0,050	5055,4
Липа	0,52	1860,9	792,6	12,3	9,40	8,25	2,58	1,199	1,563	0,558	0,136	0,102	0,043	2689,6
Береза	0,45	1632,8	541,0	17,8	23,81	4,30	20,12	1,693	1,350	0,373	0,163	0,105	0,081	2243,6
Осина	0,58	2100,7	781,4	12,4	5,70	9,19	12,99	1,352	1,854	0,215	0,069	0,143	0,469	2926,5
Тополь	1,63	4759,3	1812,0	18,1	8,19	17,18	15,25	1,411	1,737	0,469	0,469	0,273	0,498	6634,8
Ольха черная	0,50	1212,6	599,6	131,1	15,02	4,10	5,08	2,335	1,596	0,502	0,251	0,147	0,039	1972,4
Ольха серая	0,43	1623,5	630,3	30,6	5,80	6,13	9,35	2,059	1,457	0,225	0,198	0,152	0,026	2309,8
Черемуха	0,45	1878,0	555,6	8,0	4,56	11,49	4,67	1,599	1,287	0,347	0,264	0,124	0,105	2466,0

Все древесные породы по содержанию в их древесине зольных элементов объединяются в два крупных кластера (рис. 4). В первый, возглавляемый сосной обыкновенной, входят ольха черная, осина и тополь бальзамический (берлинский), а во второй – все остальные породы во главе с елью и черемухой птичьей. Отдельный подкластер слагают светолюбивые породы: береза повислая и лиственница сибирская. Особняком от них отстоит вяз гладкий. Наибольшие различия между кластерами № 1 (сосновым) и № 2 (еловым) отмечаются по содержанию Fe, Pb, Co и Cd (рис. 5).

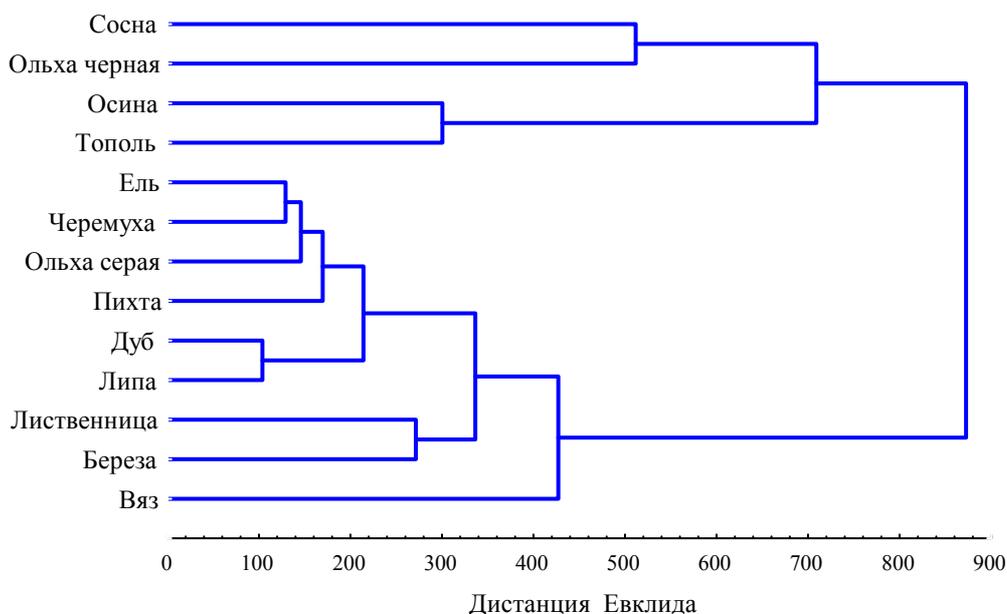


Рис. 4. Дендрограмма сходства пород деревьев по зольному составу их древесины, построенная способом Варда по матрице нормированных данных

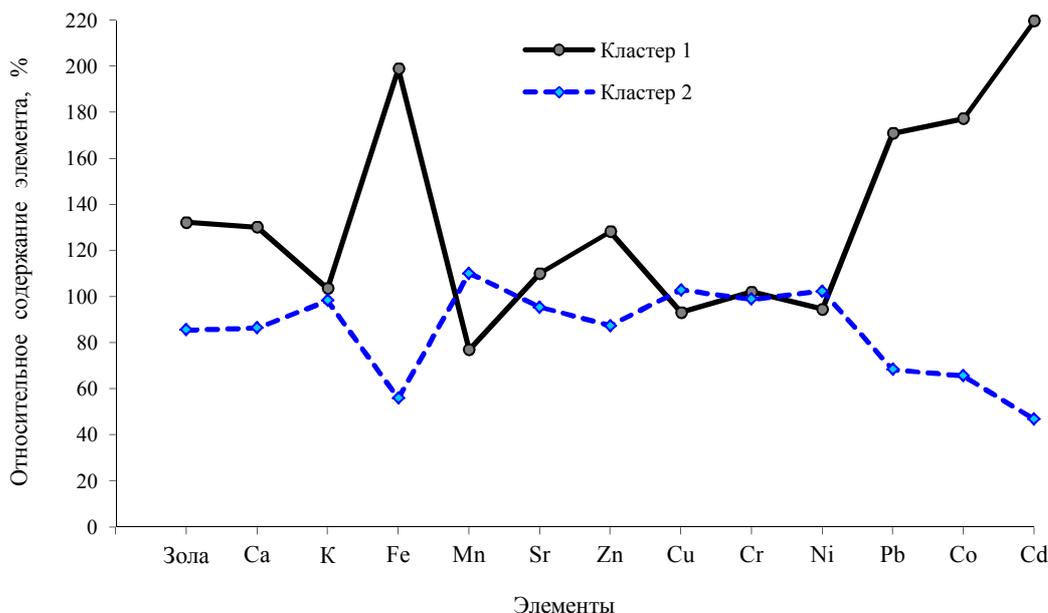


Рис. 5. Характер различия древесных растений, относящихся к разным кластерам, по зольному составу их древесины

Важным условием нормального протекания физиологических и биохимических процессов у деревьев является сбалансированность химического состава их тканей. Расчеты показали, что величина соотношения содержания зольных элементов в древесине различных пород деревьев довольно изменчива (табл. 4). Наиболее сильно варьирует величина пропорций К/Mn, Fe/Zn, K/Zn и Fe/Mn (табл. 5). Меньше всего изменяется соотношение Zn/Cu, K/Cu и Ca/K. Ранговые ряды древесных растений по соотношению содержания зольных элементов выглядят следующим образом:

- Ca / K: Е > Лц > С > Чер > Б > Ос > Т > Ол (с) > Лп > Ол (ч) > Пх > Д > Вз;
- K / Fe: Вз > Т > Чер > Лп > Ос > Пх > Д > Б > Лц > Е > Ол (с) > С > Ол (ч);
- K / Mn: Вз > Т > Ос > Чер > Ол (с) > Д > Лп > С > Пх > Ол (ч) > Е > Б > Лц;
- K / Zn: Вз > Д > Лп > Пх > Чер > Т > Ол (ч) > Ол (с) > Ос > С > Лц > Е > Б;
- K / Cu: Т > Вз > Пх > Лп > Ос > Д > Чер > Б > Ол (с) > Ол (ч) > С > Е > Лц;
- Fe / Mn: С > Ол (ч) > Ол (с) > Вз > Т > Ос > Д > Чер > Лп > Е > Пх > Б > Лц;
- Fe / Zn: Ол (ч) > Д > С > Лп > Вз > Ол (с) > Пх > Лц > Чер > Е > Т > Ос > Б;
- Zn / Cu: Б > Т > Ос > Е > С > Ол (с) > Пх > Лц > Чер > Ол (ч) > Лп > Вз > Д.

Таблица 4

Соотношение содержания элементов в древесине различных пород деревьев

Древесное растение	Среднее значение соотношения содержания элементов, доля единицы							
	Ca / K	K / Fe	K / Mn	K / Zn	K / Cu	Fe / Mn	Fe / Zn	Zn / Cu
Сосна	4,1	5,1	67,2	49,0	238,7	13,1	9,5	4,9
Ель	5,7	22,4	25,1	31,7	157,6	1,12	1,4	5,0
Пихта	1,3	59,5	59,1	162,6	735,1	0,99	2,7	4,5
Лиственница	5,2	27,6	6,9	47,8	147,6	0,25	1,7	3,1
Дуб	1,3	51,3	93,7	571,9	356,0	1,83	11,2	0,6
Вяз	0,8	142,1	671,8	647,8	947,7	4,73	4,6	1,5
Липа	2,3	64,6	84,3	307,1	661,1	1,31	4,8	2,2
Береза	3,0	30,3	22,7	26,9	319,6	0,75	0,9	11,9
Осина	2,7	63,0	137,2	60,2	578,0	2,18	1,0	9,6
Тополь	2,6	100,3	221,2	118,8	1284,2	2,20	1,2	10,8
Ольха черная	2,0	4,6	39,9	118,1	256,8	8,73	25,8	2,2
Ольха серая	2,6	20,6	108,6	67,4	306,1	5,28	3,3	4,5
Черемуха	3,4	69,5	121,7	119,1	347,5	1,75	1,7	2,9

Таблица 5

Изменчивость соотношения содержания элементов в древесине различных пород деревьев

Соотношение элементов	Значения статистических показателей						
	M _x	min	max	S _x	m _x	V, %	P, %
Ca / K	2,8	0,8	5,7	1,5	0,4	51,3	14,2
K / Fe	50,8	4,6	142,1	39,2	10,9	77,1	21,4
K / Mn	127,6	6,9	671,8	173,3	48,1	135,8	37,7
K / Zn	179,1	26,9	647,8	205,6	57,0	114,8	31,8
K / Cu	487,4	147,6	1284,2	339,6	94,2	69,7	19,3
Fe / Mn	3,4	0,2	13,1	3,7	1,0	110,0	30,5
Fe / Zn	5,4	0,9	25,8	7,0	1,9	129,7	36,0
Zn / Cu	4,9	0,6	11,9	3,6	1,0	74,2	20,6

Древесные породы объединяются по характеру соотношения в их древесине зольных элементов в четыре кластера (рис. 6). В первый входят сосна, ольха серая и черемуха, во второй, который является наиболее представительным, – ель, пихта, береза, осина и тополь, в третий – лиственница, липа и ольха черная. Резко отделен от них кластер, слагаемый дубом и вязом. Древесные породы первого и второго кластеров наиболее значительно различаются между собой по соотношению Zn/Cu (рис. 7). В породах, входящих в третий кластер, величина отношения Fe/Mn значительно выше, чем в первых двух кластерах, а четвертый кластер отличается от остальных большей величиной отношений K/Fe, K/Mn и особенно K/Zn.

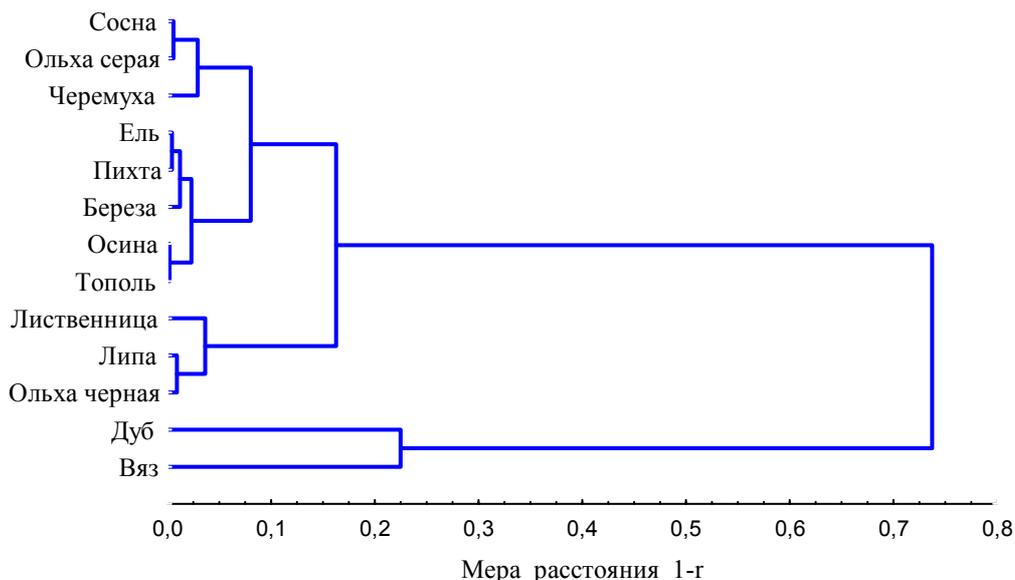


Рис. 6. Дендрограмма сходства пород деревьев по соотношению зольных элементов, построенная способом Варда по матрице коэффициентов корреляции

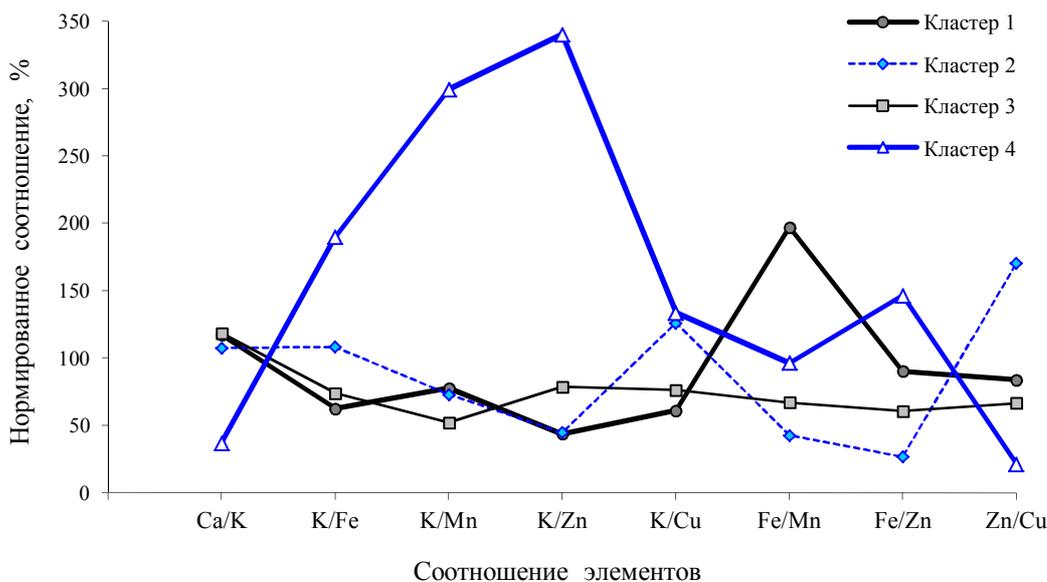


Рис. 7. Характер различия древесных растений, относящихся к разным кластерам, по соотношению зольных элементов в их древесине

По содержанию зольных элементов в древесине нельзя судить об их выносе деревьями из почвы. Для этого необходимо еще иметь сведения о динамике накопления запаса древесины и фитомассы стволов. Учет, проведенный в культурах тополя бальзамического и лиственницы сибирской, произрастающих в лесопарке «Дубовая роща», позволил установить величины этих таксационных параметров (табл. 6). Расчеты показали, что эти породы деревьев, находящиеся на разных полюсах ранговых рядов содержания зольных элементов, очень сильно различаются между собой по их годовичному потреблению (табл. 7), особенно калия, которого в древесине тополя накапливается в 11 раз больше, чем в древесине лиственницы. В процессе сплошной рубки тополельников, которую в эксплуатационных лесах проводят по регламенту с возраста старше 40 лет, будет вынесено за пределы биогеоценоза порядка 4,0 т/га зольных элементов, в том числе 444 кг/га калия, в котором растения особенно остро нуждаются.

Таблица 6

Таксационные показатели древостоя культур тополя и лиственницы в краткойпоименном биотопе

Порода	Возраст, лет	Средние:		Густота, экз./га	Запас древесины		Годичный прирост	
		высота, м	диаметр, см		м ³ /га	т/га	м ³ /га	т/га
Тополь	60	32,0	24,0	1100	764	368,2	12,73	6,13
Лиственница	50	20,1	19,0	1680	486	313,0	9,72	6,26

Таблица 7

Ежегодное потребление минеральных веществ древостоями для образования древесины стволов

Порода	Ежегодное потребление минеральных веществ								
	кг/га			г/га					
	Зола	Ca	K	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Cr
Тополь	99,9	29,2	11,1	111	50	105	93	8,6	10,6
Лиственница	13,8	5,3	1,02	37	149	84	21	6,9	4,9

Как же восполняется вынос минеральных веществ древесными растениями? Один из главных источников их восполнения – аэральные выпадения [17, 18]. Н.И. Пьявченко и З.А. Сибирева [19] установили, что ежегодно на поверхность земли выпадает вместе с осадками 106–164 кг пыли и 8–11 кг общего азота в переводе на 1 га. Последующие исследования [20], проведенные на болотах Вологодской и Томской областей, показали, что аэральные выпадения достигают 277–327 кг/га. По данным многолетних наблюдений в Московской области [21] было установлено, что с осадками и пылью ежегодно выпадает от 60 до 470 кг/га химических элементов и соединений, в том числе Mg – 17; Ca – 12,2; Na – 5,3; K – 5,0; N – 9,4 и P – 0,3 кг/га. В Эстонии с атмосферными выпадениями в почву поступает ежегодно: Ca – 5,8; Mg – 3,4; N – 2,8; K – 2,0; Fe – 0,7 и P – 0,094 кг/га [22]. Исследования Т.В. Глухой [23] показали, что ежегодное поступление с осадками составляет: HCO₃ – 10,2; Ca – 4,4; K – 2,6; Na – 2,5; NH₄ – 3,3 и NO₃ – 4,7 кг/га. Эти данные показывают, что атмосферные выпадения не восполняют выноса тополем кальция и калия, а других минеральных веществ они привносят с избытком. Потребление же всех зольных элементов лиственницей сибирской полностью восполняется их аэральными выпадениями.

Высокое потребление минеральных веществ тополем, вязом гладким и рядом других древесных растений не следует рассматривать только в негативном плане. Это их свойство можно использовать в фитомелиорации при создании насаждений на техногенно- или природно-загрязненных землях. Так, от избытка в почве марганца и цинка лучше всего позволит избавиться береза, меди и никеля – вяз гладкий, свинца и кобальта – сосна и тополь, кадмия – тополь и осина.

Выводы

1. Более всего в древесине всех пород деревьев содержится кальция, являющегося основой оболочки клеток. За ним следует калий. На порядок меньше в древесине железа, марганца, стронция и цинка. Замыкают ранговый ряд Ni, Pb, Co и Cd. Доля содержания в золе оцененных элементов составляет по массе в среднем 49,3%, изменяясь от 39,4 у ольхи черной до 54,8 % у дуба черешчатого.

2. Содержание золы и зольных элементов в древесине различных пород деревьев, произрастающих в одном биотопе, изменяется в довольно больших пределах. По величине коэффициента вариации элементы располагаются в следующий ранговый ряд: Fe > Cd > Co > Pb > K > Zn > Mn > Ca > Ni > Sr > Cu > Cr.

3. Содержание в древесине большинства элементов слабо связано между собой, а также с величиной зольности. Тесная связь отмечена только между зольностью древесины и содержанием в ней кальция и калия, а также между содержанием кобальта и свинца.

4. Древесные породы, произрастающие в пределах одного пойменного биотопа, существенно различаются между собой по эффективности использования ими питательных веществ. Больше всего затрачивает минеральных веществ на образование 1 кг древесины тополь бальзамический. Несколько уступает ему вяз гладкий. Эти две породы деревьев больше всех потребляют кальция и калия. Наиболее эффективно использует почвенный потенциал лиственница сибирская, в древесине которой золы содержится в 7,4 раза меньше, чем в древесине тополя – наиболее расточительной в экологическом плане породы. По содержанию в древесине Fe первое место занимает ольха черная, Mn и Zn – береза, Cu и Ni – вяз, Pb и Co – сосна, Cr – пихта, Sr и Cd – тополь.

5. Величина соотношения содержания зольных элементов в древесине различных пород деревьев довольно изменчива. Наиболее сильно варьирует величина пропорций K/Mn, Fe/Zn, K/Zn и Fe/Mn. Меньше всего изменяется соотношение Zn/Cu, K/Cu и Ca/K.

6. Все древесные породы по содержанию в их древесине зольных элементов объединяются в различные кластеры, которые существенно различаются между собой по содержанию Fe, Pb, Co и Cd, а также по соотношению Zn/Cu, Fe/Mn, K/Fe, K/Mn и особенно K/Zn.

7. Вынос зольных элементов из почвы большинством видов древесных растений полностью или частично восполняется атмосферными выпадениями, которые не удовлетворяют потребности в кальции и калии только тополя бальзамического и вяза гладкого. В процессе сплошной рубки насаждений, представленных последними двумя породами, из леса выносятся со стволовой древесиной значительная масса зольных элементов, которую в ряде случаев необходимо периодически восполнять для сохранения устойчивости функционирования биогеоценозов.

8. Свойство высокого потребления минеральных веществ рядом древесных растений можно использовать в фитомелиорации при создании насаждений на техногенно- или природно-загрязненных землях.

Список литературы

1. Бюсген, М. Строение и жизнь наших лесных деревьев / М. Бюсген. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 424 с.
2. Крамер, П.Д. Физиология древесных растений / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.
3. Веретенников, А.В. Физиология растений с основами биохимии / А.В. Веретенников. – Воронеж: ВГУ, 1987. – 256 с.
4. Адаменко, В.Н. Химический состав годичных колец деревьев и состояние природной среды / В.Н. Адаменко, Е.Л. Журавлева, А.Ф. Четвериков // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 265, № 2. – С. 507-512.
5. Лянгузова, И.В. Химический состав растений при атмосферном и почвенном загрязнении / И.В. Лянгузова, О.Г. Чертов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 75-87.
6. Демаков, Ю.П. Хвоя как индикатор состояния сосновых молодняков на олиготрофных болотах / Ю.П. Демаков, М.Г. Сафин, Р.И. Винокурова, В.И. Таланцев, С.М. Швецов // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 3. – С. 95-107.
7. Демаков, Ю.П. Изменчивость содержания зольных элементов в древесине, коре и хвое сосны обыкновенной / Ю.П. Демаков, Р.И. Винокурова, В.И. Таланцев, С.М. Швецов // Лесные экосистемы в условиях изменяющегося климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы международной конференции с элементами научной школы для молодежи [Электронный ресурс]. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 32-37. <http://csfm.vlgatech.net/publications.html>
8. Демаков, Ю.П. Динамика содержания зольных элементов в годичных кольцах старовозрастных сосен, произрастающих в пойменных биотопах / Ю.П. Демаков, С.М. Швецов, В.И. Таланцев // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 26-36.
9. Винокурова, Р.И. Специфичность распределения макроэлементов в органах древесных растений елово-пихтовых лесов Республики Марий

References

1. Byusgen M. Stroenie i zhizn' nashikh lesnykh derev'ev [Structure and life of our forest trees]. M. L.: Goslesbumizdat, 1961. 424 p.
2. Kramer, P.D., Kozlovskiy T.T. Fiziologiya drevesnykh rasteniy [Physiology of wood plants]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1983. 464 p.
3. Veretennikov A.V. Fiziologiya rasteniy s osnovami biokhimii [Physiology of wood plants and basics of biochemistry]. Voronezh: VGU, 1987. 256 p.
4. Adamenko V.N., Zhuravleva E.L., A.F. Chetverikov. Khimicheskiy sostav godichnykh kolets derev'ev i sostoyanie prirodnoy sredy [Chemical composition of annual rings and the condition of environment]. Dokl. AN SSSR [Report of the Academy of Sciences of the USSR]. 1982. T. 265, No 2. P. 507-512.
5. Lyanguzova I.V, O.G. Chertov. Khimicheskiy sostav rasteniy pri atmosfernom i pochvennom zagryaznenii [Chemical composition of plants under atmospheric and soil pollution]. Lesnye ekosistemy i atmosfernoe zagryaznenie [Forest ecosystems and atmospheric pollution]. L.: Nauka, 1990. P. 75-87.
6. Demakov Yu.P., Safin M.G., Vinokurova R.I., Talantsev V.I., Shvetsov S.M. Khvoya kak indikator sostoyaniya sosnovykh molodnyakov na oligotrofnnykh bolotakh [Needles as the indicator of young pine trees growing on oligotrophic swamps]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Vestnik of MarSTU. Series.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 3. P. 95-107.
7. Demakov Yu.P., Vinokurova R.I., Talantsev V.I., Shvetsov S.M. Izmenchivost' soderzhaniya zol'nykh elementov v drevesine, kore i khvove sosny obyknovennoy [Variations of ash components contents in timber, bark and needles of Scotch pine] Lesnye ekosistemy v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata: biologicheskaya produktivnost', monitoring i adaptatsionnye tekhnologii: materialy mezhdunarodnoy konferentsii s elementami nauchnoy shkoly dlya molodezhi [Forest ecosystems under the conditions of changing climate: biological efficiency, monitoring and adaptation technologies: materials of the international conference]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2010. P. 32-37. <http://csfm.vlgatech.net/publications.html>
8. Demakov Yu.P., Shvetsov S.M., Talantsev V.I. Dinamika soderzhaniya zol'nykh elementov v godichnykh kol'tsakhstarovoz-rastnykh sosen, proizrastayushchikh v poymennykh biotopakh [Dynamics of ash constituents contents in annual rings of the old age pines growing in inundated biotopes] Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Vestnik of MarSTU. Series.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. No 3. P. 26-36.
9. Vinokurova R.I., Lobanova O.V. Spetsifichnost' raspredeleniya makroelementov v organakh drevesnykh rasteniy elovo-pikhtovykh lesov Respubliki

Эл / Р.И. Винокурова, О.В. Лобанова // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 2. – С. 76-83.

10. *Ахромейко А.И.* Физиологическое обоснование создания устойчивых лесных насаждений / А.И. Ахромейко. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 312 с.

11. *Ремезов, Н.П.* Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР / Н.П. Ремезов, Л.Н. Быкова, К.М. Смирнова. – М.: МГУ, 1959. – 284 с.

12. *Родин, Л.Е.* Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара / Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич. – М.-Л.: Наука, 1965. – 253 с.

13. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии. – М.: ФГУ ФЦАО, 2007. – 20 с.

14. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 450 с.

15. *Афифи, А.* Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

16. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж. Ким, Ч. Мьюллер, У. Клекка и др. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

17. *Дроздова, В.М.* Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР / В.М. Дроздова, О.П. Петренчук, Е.С. Селезнева и др. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – 209 с.

18. *Черняева, Л.Е.* Химический состав атмосферных осадков (Урал и Приуралье) / Л.Е. Черняева, А.М. Черняев, А.К. Могиленских. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 179 с.

19. *Пьявченко, Н.И.* О роли атмосферной пыли в питании болот / Н.И. Пьявченко, З.А. Сибирева // Доклады АН СССР. – 1959. – Т. 124, № 2. – С. 414-417.

Mariy El [Distribution peculiarities of macroelements in wood plants of Mari El fir-tree woods]. Vestnik MarGTU. Series.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Vestnik MarSTU. Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. No 2. P. 76-83.

10. *Akhromeyko A.I.* Fiziologicheskoe obosnovanie sozdaniya ustoychivyykh lesnykh nasazhdeniy [Physiological grounding of sustainable forest plantation development]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1965. 312 p.

11. *Remezov N.P., Bykova L.N., Smirnova K.M.* Potreblenie i krugovorot azota i zol'nykh elementov v lesakh evropeyskoy chasti SSSR [Consumption and circulation of nitrogen and ash constituents in the woods of the European part of USSR]. M.: MGU, 1959. 284 p.

12. *Rodin L.E., Bazilevich N.I.* Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskiiy krugovorot zol'nykh elementov i azota v osnovnykh tipakh rastitel'nosti zemnogo shara [Dynamics of organic substances and biological circulation of ash elements and nitrogen in general types of vegetation on the globe]. M.-L.: Nauka, 1965. 253 p.

13. Metodika vypolneniya izmereniy valovogo soderzhaniya medi, kadmiya, tsinka, svintsa, nikelya, margantsa, kobal'ta, khroma metodom atomno-absorbtsionnoy spektroskopii [Methods of making measurements of the gross content of copper, cadmium, zinc, lead, nickel, manganese, cobalt, chrome method of nuclear and absorbing spectroscopy]. M.: FGU FTsAO, 2007. 20 p.

14. Metody biogeokhimicheskogo issledovaniya rasteniy [Methods of biogeochemical research of plants]. Edited by A.I.Ermakova. L.: Agropromizdat, 1987. 450 p.

15. *Afifi A., Eyzhen S.* Statisticheskiiy analiz. Podkhod s ispol'zovaniem EVM [Statistical analysis. Computer-aided approach]. M.: Mir, 1982. 488 p.

16. *Kim Dzh., Myuller Ch., Klekka U., et al.* Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz [Factorial, discriminant and cluster analysis]. M.: Finansy i statistika, 1989. 215 p.

17. *Drozдова V.M., Petrenchuk O.P., Selezneva E.S., et al.* Khimicheskiiy sostav atmosferynykh osadkov na Evropeyskoy territorii [Chemical composition of an atmospheric precipitation in the European part of USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1964. 209 p.

18. *Chernyaeva L.E., Chernyaev A.M., Mogilenskikh A.K.* Khimicheskiiy sostav atmosferynykh osadkov (Ural i Priural'e) [Chemical composition of atmospheric precipitation (The Urals and Transurals area)]. L.: Gidrometeoizdat, 1978. 179 p.

19. *P'yavchenko, N.I., Sibireva Z.A.* O roli atmosferynoy pyli v pitanii bolot [On the role of atmospheric dust in swamp nutrition]. Doklady AN SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences]. 1959. T. 124, No 2. P. 414-417.

20. Пьявченко, Н.И. Об изучении болот в связи с проблемой «Человек и биосфера» / Н.И. Пьявченко // История биogeоценозов СССР в голоцене. – М.: Наука, 1976. – С. 46-57.

21. Шатилов, И.С. Химический состав атмосферных осадков и поверхностно-стекаемых вод / И.С. Шатилов, А.Г. Замираев, Г.В. Чеповская // Докл. ВАСХНИЛ. – 1977. – № 6. – С. 1-3.

22. Саарман, Т.Е. О поступлении минеральных веществ из елово-лиственного опада в бурую псевдоподзолистую почву / Т.Е. Саарман // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1979. – Вып. 20. – С. 19-21.

23. Глухова, Т.В. Поступление с осадками и вынос элементов минерального питания с осушенных лесных верховых болот / Т.В. Глухова // Освоение осушенных земель в Марийской АССР и ускорение научно-технического прогресса в гидроресомелиорации. – Йошкар-Ола, 1986. – С. 44-45.

20. P'yavchenko N.I. Ob izuchenii bolot v svyazi s problemoy «Chelovek i biosfera» [The study of swamps in connection with a problem «Humans and biosphere»]. Istoriya biogeotsenozov SSSR v golotsene [History of biogeocenoses of the USSR in holocene]. M.: Nauka, 1976. P. 46-57.

21. Shatilov I.S., Zamaraev A.G., Chepovskaya G.V. Khimicheskiy sostav atmosferynykh osadkov i poverkhnostno-stekaemykh vod [Chemical composition of atmospheric precipitation and surface sewage waters]. Dokl. VASKhNIL [Report of VASHNIL]. 1977. No 6. P. 1-3.

22. Saarman T.E. O postuplenii mineral'nykh veshchestv iz elovo-listvennogo opada v buruyu psevdopodzolistuyu pochvu [On introduction of mineral substances from fir-tree fall into pseudo-podsolic soil]. Soil Institute named after V. V. Dokuchayev. 1979. Vol. 20. P. 19-21.

23. Glukhova T.V. Postuplenie s osadkami i vynos elementov mineral'nogo pitaniya s osushennykh lesnykh verkhovykh bolot [Input and removal of mineral elements from drained forest high moors]. Osvoenie osushennykh zemel' v Mariyskoy ASSR i uskorenie nauchno-tekhnicheskogo progressa v gidrolesomelioratsii [Development of the drained lands in Mariyskaya ASSR and acceleration of scientific and technical progress in a hydro forest melioration]. Yoshkar-Ola, 1986. P. 44-45.

Статья поступила в редакцию 23.01.12.

Работа выполнена в химической лаборатории Центра коллективного пользования научным оборудованием ПГТУ «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей».

ДЕМАКОВ Юрий Петрович – доктор биологических наук, профессор кафедры управления природопользованием и лесозащиты, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – биogeоценология, дендрохронология. Автор 220 научных и учебно-методических работ, в том числе трех монографий и пяти учебных пособий.

E-mail: DemakovYP@volgatech.net

ИСАЕВ Александр Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора, ГПЗ «Большая Кокшага» (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – экология пойменных земель: изучение почвенного покрова, строения и динамики пойменных фитоценозов. Автор более 30 публикаций, в том числе одной монографии.

E-mail: nauka_gps@yolamail.ru

ШВЕЦОВ Андрей Михайлович – ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – биogeоценология. Автор пяти публикаций.

E-mail: shvecov_andrei@mail.ru

ДЕМАКОВ Yury Petrovitch – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Chair of Nature Management and Forest Protection, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – biogeocenology, dendrochronology. Author of 220 scientific and educational papers, including three monographs and five training manuals.

E-mail: DemakovYP@volgatech.net

ISAEV Alexander Victorovich – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Science of the state wildlife preservation «Bol'shay Kokshaga» (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interest – flood plain lands ecology: study of soil continuum, inundable plant community structure and dynamics. The author of more than 30 publications, including one monograph.

E-mail: nauka_gpz@yolamail.ru

SHVETSOV Andrey Mikhaylovich – Assistant of the Chair Health and Safety, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – a biogeocenology. Author of five publications.

E-mail: shvecov_andrei@mail.ru

Yu.P. Demakov, A. V. Isaev, A.M. Shvetsov

CONSUMPTION AND REMOVAL OF ASH CONSTITUENTS FROM WOODEN PLANTS IN THE INUNDATED BIOTOPE

Key words: *wooden plants; ash constituents; consumption and removal.*

Data on ash composition of wood of 13 various tree types growing in short-term flooding biotope are provided. It has been concluded that the contents of calcium forming the basis of the cell wall is the highest in all tree types. Then follows kalium. Iron, manganese, strontium and zinc are one order less in the wood. Ni, Pb, Co and Cd are at the end of the range. The amount of elements under study found in ashes constitutes roughly 49.3 %, varying from 39.4 % for black alder to 54.8 % for English oak. The content of ash and ash constituents in different types of trees varies significantly. Based on the coefficient of variation the elements are ranged as follows: Fe > Cd > Co > Pb > K > Zn > Mn > Ca > Ni > Sr > Cu > Cr.

Tree species significantly differ from each other depending on the efficiency of nutrients consumption. Rough-bark poplar requires more mineral substances to produce 1 kg timber. European white elm features a little lower value. These two tree species consume most calcium and potassium. Siberian larch is the one that uses soil potential most effectively with the contents of ash 7.4 times less than poplar's.

When carrying out clear cutting procedures most of the ash elements are removed from the forest. It is especially true for calcium and kalium. This lack of mineral elements has to be replenished for sustainability of biogeocenosis. The gross annual consumption of major mineral elements has been conducted as well as their total accumulation in the stem wood and removal beyond biogeocenosis when clear cutting occurs.

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 627.8:630*

В. П. Корпачев, А. И. Пережилин, А. А. Андрияс

ОЦЕНКА ОБЪЕМА ЗАТОПЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

Произведен расчет и представлена оценка прогнозных объемов затопления (оставления) древесной массы в ложе водохранилища Богучанской ГЭС для наиболее вероятных сценариев подготовки ложа для наполнения.

***Ключевые слова:** ложе водохранилища; древостой; таксационные характеристики; лесоочистка; лесосводка; объем затопления.*

Введение. Гидротехническое строительство в целом, и гидроэлектростанций в частности, сопровождается воздействием человека на естественный режим, санитарно-гигиеническое и экологическое состояние водного объекта и региона в целом. При создании водохранилища резко изменяется гидрологический режим водотока и гидрогеологический режим прилегающих территорий, что приводит к изменению процессов естественного самоочищения воды и трансформации практически всех компонентов биосферы.

В работе [1] отмечается, что водным экологическим проблемам присущи не только общие, характерные и для других экологических проблем (резкие скачкообразные изменения при достижении критических значений, синергетический эффект неадекватного усиления разнонаправленных процессов), но и свои особенности (отдаленное проявление во времени и пространстве, кумулятивный эффект, «саморасширение» зон прямого воздействия и др.).

С этой точки зрения наиболее мощным источником воздействия являются водохранилища крупных ГЭС (Саяно-Шушенское, Братское и др.).

Особенность строительства ГЭС в Сибири заключается в том, что их водохранилища образуются путем затопления больших территорий водосборных площадей, в том числе покрытых лесом со значительными запасами древесно-кустарниковой растительности, уборка которой перед затоплением сопряжена с большими трудностями.

Многолетний опыт наблюдений за подготовкой, созданием и эксплуатацией водохранилищ ГЭС выявил проблемы экологического, экономического и социального направлений, подробно рассмотренные в [2]. Одной из экологических проблем водохранилищ является засорение их плавающей и затопленной древесной массой, загрязнение органическими веществами, что в свою очередь влияет на качество воды. При этом стоит отметить, что влияние древесины на гидрохимический состав воды и гидробионтов, по многолетним исследованиям ученых ГосНИОРХ и СПбГЛТА, начинает

сильно проявляться только в случае превышения критерия безвредности (соотношения объемов древесины и воды) 1:250 при увеличении объемов древесины [2].

В целях обеспечения качества воды в водохранилище, соответствующего требованиям водно-санитарного законодательства, разработаны санитарные правила СанПиН 3907-85 [3], устанавливающие основные требования к их проектированию, строительству и эксплуатации, согласно которым в комплекс мероприятий по санитарной подготовке территории зоны затопления водохранилища входит очистка от древесной и кустарниковой растительности.

Необходимо отметить, что ни на одном водохранилище Сибири не были выполнены в полном объеме работы по лесосводке (уборка товарных лесонасаждений в зоне затопления с целью получения ликвидной древесины) и лесочистке (уборка всей древесно-кустарниковой растительности, включая нерастущую (сухостой и валежник), на территории участков специального назначения (спецучастки)) [4]. Не вызывает сомнения, что затопленная в ложе водохранилища древесная масса оказывает влияние на качество воды [2], и чем больше объем затопления, тем выше уровень возможного негативного влияния. Поэтому на стадии технико-экономического обоснования создания водохранилища важным этапом является определение планового объема затопления древесной массы с учетом экономического эффекта (технико-экономических показателей) и экологических требований (прогнозной оценки влияния на качество воды).

Целью работы является оценка объема затопления древесной массы в водохранилище Богучанской ГЭС.

Условия зоны затопления. Рассмотрим величину возможного объема затопления древесной массы в ложе водохранилища строящейся Богучанской ГЭС (БоГЭС) при различных сценариях (вариантах) подготовки ложа, а также соответствие их требованиям СанПиН 3907-85 и критериям безвредности.

Водоохранилище БоГЭС с отметкой нормального подпорного уровня 208,0 м БС, полным объемом 58,2 км³, площадью зеркала 2326 км², протяженностью по основному руслу 375 км и коэффициентом водообмена 1,95 (50 % обеспеченности) располагается в зоне средней и южной тайги юго-западной части Средне-Сибирского плоскогорья в бассейне нижнего течения р. Ангары (57 – 60° СШ и 98 – 103° ВД), в основном на территории Кежемского района Красноярского края и частично (около 9 % по площади зеркала) Усть-Илимского района Иркутской области [2] (рис. 1).

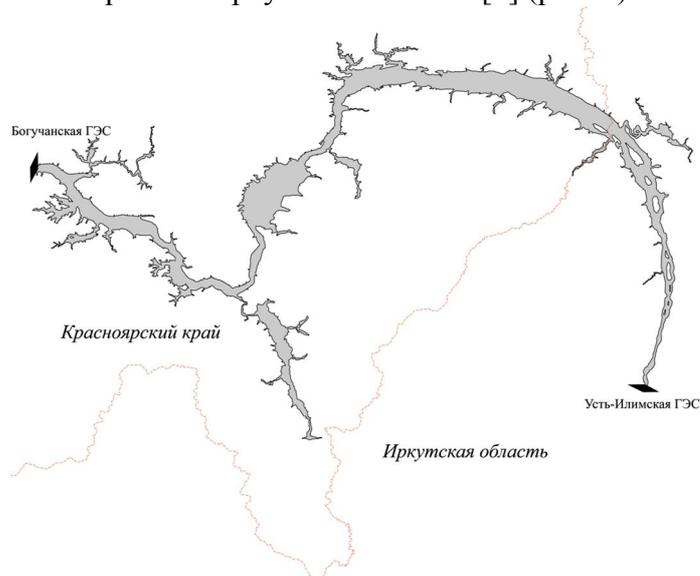


Рис. 1. Схема водохранилища Богучанской ГЭС

В табл. 1 приведены основные таксационные показатели зоны затопления, определенные по материалам инвентаризации древесно-кустарниковой растительности в зоне затопления БоГЭС, выполненной Восточно-Сибирским филиалом государственной инвентаризации лесов (филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект») в 2007 году.

Таблица 1

Основные таксационные характеристики зоны затопления

Показатели	Красноярский край	Иркутская область	Всего
Общая площадь земель, га	138051	16861	154912
Площадь, покрытая древесно-кустарниковой растительностью, га	108461	14052	122513
Площадь с товарными запасами, га	31614	5969	37583
Общий запас древесно-кустарниковой растительности, тыс. м ³	8191,4	1367,8	9559,2
в том числе товарных насаждений, тыс. м ³	4351,0	932,3	5283,3
Запас, тыс. м ³ :			
- единичных деревьев	474,6	86,7	561,3
- сухостоя	311,4	87,5	398,9
- захламленности	887,2	133,4	1020,6
Средний запас, тыс. м ³ :			
- на площади товарных насаждений	137,6	156,2	140,6
- на общей площади	59,3	81,1	61,7
Площадь спецучастков общая, га	16160,4	427,0	16587,4
в том числе лесочистки	13947,6	408,5	14356,1
Запас древесно-кустарниковой растительности на спецучастках, тыс. м ³	960,4	8,2	968,6
в том числе товарной древесины, тыс. м ³	576,0	1,6	577,6

Сценарии проведения работ. Для водохранилища БоГЭС с отмеченными выше основными характеристиками, согласно требованиям СанПиН 3907-85 п 3.5.3, «с коэффициентом водообмена менее 6» лесосводка и лесочистка обязательна на всей затопляемой территории. При этом в примечании отмечено, что «невыполнение каких-либо элементов мероприятий должно быть обосновано расчетами прогноза, подтверждающими, что их воздействие на качество воды в водохранилище будет в пределах нормативных требований» [3]. Соответствующие прогнозные расчеты выполнены сотрудниками Института леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения (ИЛ СО РАН) и Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВЭП ДВО РАН) в работе [5], из которой следует, что в общем объеме загрязнителей воды вклад древесно-кустарниковой растительности не велик и при затоплении даже 12 млн. м³ древесины существенного влияния на качество воды не окажет.

В связи с этим величина ожидаемого объема затопления древесно-кустарниковой растительности в ложе водохранилища БоГЭС определена для пяти наиболее возможных вариантов проведения работ (табл. 2).

Наиболее благоприятным с точки зрения объемов затопления древесины и соответствия требованиям СанПиН 3907-85 является пятый вариант, но и в этом случае под затопление уйдет более 5 млн. м³. Причиной этому является тот факт, что первая лесосводка была проведена более 20 лет назад и сейчас молодняки и средневозрастные насаждения составляют около 50 % от общей площади насаждений, большая часть из которых не попадает в разряд товарных (диаметр более 16 см и запас от 50 м³/га) и не подлежит лесосводке.

Таблица 2

**Возможные варианты проведения работ по очистке ложа водохранилища БогЭС
от древесно-кустарниковой растительности**

Вариант подготовки ложа	Планируемые работы на территории				Объем затопляемой древесной массы, тыс. м ³
	Красноярский край		Иркутская область		
	лесоочистка	лесосводка	лесоочистка	лесосводка	
I	–	–	–	–	11540,0
II	+	–	+	–	10390,3
III	+	+	+	–	6615,3
IV	+	–	+	+	9459,6
V	+	+	+	+	5684,6

Примечание: «+» – работы проводятся; «–» – работы не проводятся.

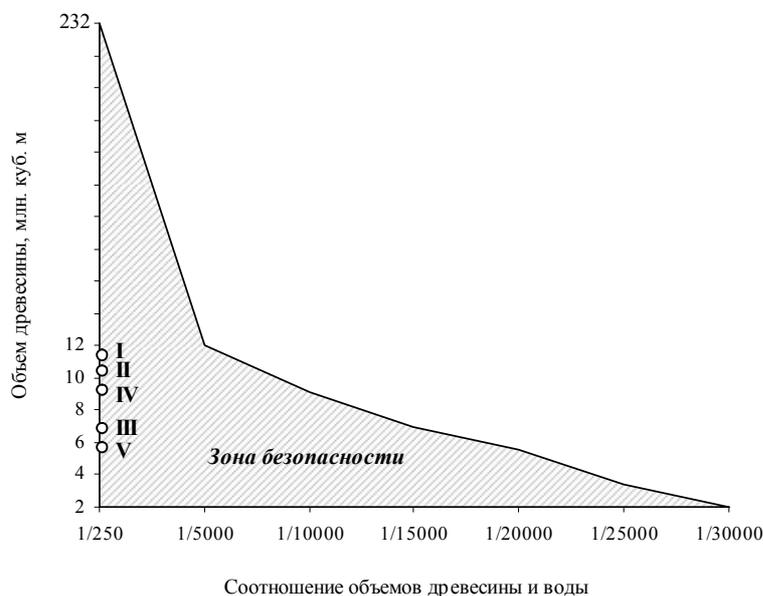


Рис. 2. Соотношение объемов древесины и воды для полного объема водохранилища Богучанской ГЭС: I...V – варианты подготовки ложа (см. табл. 2)

В настоящее время, в соответствии с принятыми проектными решениями на основании Протокола № 1 от 22 ноября 2010 года заседания Комиссии по комплексному решению вопроса лесосводки и лесоочистки на территории ложа водохранилища Богучанской ГЭС под председательством заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Д.Н. Козака, ведется подготовка ложа водохранилища БогЭС под затопление по второму варианту. Таким образом, в ложе водохранилища будет затоплено около 10,4 млн. м³ древесной массы. Для примера отметим, что по материалам технического проекта 1976 года реальный объем затопления должен был составить всего лишь 2 млн. м³.

Как видно из представленной иллюстрации (рис. 2), даже при «нулевом» варианте подготовки (I вариант – затопление всей древесно-кустарниковой растительности) объем древесины не превысит величину предельного уровня, нарушающего критерий безопасности.

Кроме этого, сотрудниками кафедры использования водных ресурсов Сибирского государственного технологического университета был разработан прогноз поступления древесной массы на акваторию водохранилища БогЭС непосредственно после затопления и через год после эксплуатации, частично представленный в [6].

Выводы. Расчеты показывают, что при любом сценарии очистки ложа водохранилища от лесной растительности объем древесины не превысит величину предельного уровня, нарушающего критерий безопасности.

При этом рассматривать водные проблемы только лишь с позиции качества воды и водных экосистем – не правильно, поэтому поиск закономерностей и оценка влияния изменений водных объектов на взаимодействующие экосистемы является важнейшим направлением в исследованиях. Для этого требуется координация исследований многих профильных научно-исследовательских институтов и общественных экологических организаций, а также большие финансовые затраты.

Список литературы

1. Новикова, Н.М. Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы: Монография / Н.М. Новикова [и др.]. – М.: Наука, 2005. – 365 с.
2. Корпачев, В. П. Загрязнение и засорение водохранилищ ГЭС древесно-кустарниковой растительностью, органическими веществами и влияние их на качество воды: Монография / В.П. Корпачев, А.И. Пережилин, А.А. Андрияс, Ю.И. Рябоконт. – М.: Академия Естествознания, 2010. – 127 с.
3. СанПиН 3907-85. Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ. – Утв. заместителем главного государственного врача СССР 01.07.1985 г. – 9 с. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=102172> (дата обращения: 15.09.2011).
4. Корпачев, В. П. Методика прогнозирования засорения древесной массой водохранилищ ГЭС в Сибири / В.П. Корпачев // Лесное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 21-23.
5. Прогноз качества воды в водохранилище и в нижнем бьефе Богучанской ГЭС: отчет по НИР / ИЛ СО РАН, ИВЭП ДВО РАН. – Красноярск–Хабаровск, 2009. – 178 с. <http://econ.krskstate.ru/priangarye/reservoir>
6. Корпачев, В.П. Прогноз всплывания древесной массы и оценка объемов органических веществ растительного происхождения в ложе водохранилища Богучанской ГЭС / В.П. Корпачев, И.В. Губин, А.А. Андрияс, А.И. Пережилин // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 12. – С. 28-32.

References

1. Novikova N.M. et al. Otsenka vliyaniya izmeneniya rezhima vod sushi na nazemnye ekosistemy [Evaluation of the impact of the superficial water regime changes on terrestrial ecosystems]. M.: Nauka, 2005. 365 p.
2. Korpachev V. P., Perezhilin A.I., Andriyas A.A., Ryabokon' Yu.I. Zagryaznenie i zasorenie vodokhranilishch GES drevesno-kustarnikovoy rastitel'nost'yu, organicheskimi veshchestvami i vliyanie ikh na kachestvo vody [Clogging of hydro power plant water reservoirs by hardy-shrub vegetation, organic substances, impact on water quality]. M.: Akademiya Estestvoznaniya, 2010. – 127 p.
3. SanPiN 3907-85. Sanitarnye pravila proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii vodokhranilishch [Sanitary regulations of projection, building and operation of reservoirs]. – Approved by the Deputy Chief State Medical Officer of the USSR 01.07.1985 – 9 p. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=102172> (accessed data: 15.09.2011).
4. Korpachev V. P. Metodika prognozirovaniya zasoreniya drevesnoy massoy vodokhranilishch GES v Sibiri [The forecasting method of wood pulp arrival into the water reservoirs of the Hydro-Power Station of Siberia]. Lesnoe khozyaystvo [Forestry]. 2004. No 6. P. 21-23.
5. Prognoz kachestva vody v vodokhranilishche i v nizhnem b'efe Boguchanskoy GES [Forecast of water quality in the reservoir and in the downstream Boguchanskaya HPS]. Krasnoyarsk-Khabarovsk, 2009. 178 p. <http://econ.krskstate.ru/priangarye/reservoir>
6. Korpachev V.P., Gubin I.V., Andriyas A.A., Perezhilin A.I. Prognoz vsplyvaniya drevesnoy massy i otsenka ob'emov organicheskikh veshchestv rastitel'nogo proiskhozhdeniya v lozhe vodokhranilishcha Boguchanskoy GES [Forecast of wood pulp floating and estimation of volume of organic substances of vegetable origin in the reservoir floor of Boguchanskaya HPS] Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo [Hydro technical construction]. 2010. No 12. P. 28-32.

Статья поступила в редакцию 25.10.11.

КОРПАЧЕВ Василий Петрович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой использования водных ресурсов, Сибирский государственный технологический университет (Российская Федерация, Красноярск). Область научных интересов – экология водных объектов, водный транспорт леса. Автор более 200 публикаций.

E-mail: ivr@sibstu.kts.ru

ПЕРЕЖИЛИН Александр Иванович – старший преподаватель кафедры использования водных ресурсов, Сибирский государственный технологический университет (Российская Федерация, Красноярск). Область научных интересов – экология водных объектов. Автор 80 публикаций.

E-mail: ivr@sibstu.kts.ru

АНДРИЯС Андрей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры использования водных ресурсов, Сибирский государственный технологический университет (Российская Федерация, Красноярск). Область научных интересов – экология водных объектов. Автор 50 публикаций.

E-mail: ivr@sibstu.kts.ru

KORPACHEV Vasily Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Water Resources Management, Siberian State Technological University (Russian Federation, Krasnoyarsk). Scientific interests – ecology of water bodies, water transport of wood. Author of more than 200 publications.

E-mail: ivr@sibstu.kts.ru

PEREZHILIN Aleksandr Ivanovich – Senior Teacher of the Department of Water Resources Management, Siberian State Technological University (Russian Federation, Krasnoyarsk). Scientific interests – ecology of water bodies. Author of more than 80 publications.

E-mail: ivr@sibstu.kts.ru

ANDRIYAS Andrey Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Water Resources Management, Siberian State Technological University (Russian Federation, Krasnoyarsk). Scientific interests – ecology of water bodies. Author of more than 50 publications.

E-mail: ivr@sibstu.kts.ru

V.P. Korpachev, A. I. Perezhilin, A. A. Andriyas

ESTIMATION OF VOLUME OF WOOD PULP WATER LOGGING IN THE RESERVOIR OF BOGUCHANSKAYA HYDROELECTRIC POWER STATION

Key words: *reservoir floor; forest stand; survey characteristics; deforestation; commercial timber logging; flooding volume.*

Water-related environmental problems have not only general, but also individual properties: long term and distant consequences, cumulative effect, "self-expanding" of direct effect zones, etc. From this perspective reservoirs of large Hydroelectric Power Stations represent a powerful source of impact. Particularity of creation of Hydroelectric Power Stations in Siberia is that their reservoirs are generated by flooding of large territories of water-collecting areas, including wooded territories with large amount of trees and shrubs. During feasibility study of reservoir creation, an important stage is determination of planned volume of flooding of wood pulp, taking into account technical and economic indicators and environmental requirements.

The aim of this work is estimation of flooding volume of wood in the reservoir of the Boguchanskaya hydroelectric power station (BoHPS).

The BoHPS reservoir is located in central and southern taiga of south-west of the Central Siberian Plateau in the Lower Angara River Basin (57 – 60° North Latitude and 98 – 103° East Longitude). If normal water-surface elevation is 208.0 m BES (Baltic Elevation System), the total geometric reservoir volume is 58,2. Water surface area is 2,326 km², the length along main channel is 375 km. Rate of replacement is 1.95 (50 % of flow duration).

The commercial timber logging and deforestation is necessary over the whole flooded territory of the BoHPS reservoir with the above mentioned basic characteristics. In addition, nonfulfillment of any measures must be reasoned with forecast calculations, confirming that their effect on the quality of water in the reservoir will be within statutory requirements. Appropriate forecast analysis was performed by the Members of the V.N.Sukachev Institute of Forest of the RAS Siberian branch and Institute for water and environmental problems of Far-Eastern Division of the Russian Academy of Science (FED RAS). It follows from the analysis that the contribution of trees and shrubs into the total volume of contaminants is not high, and if flooded even 12 mln. m³ of wood pulp it will not greatly affect the quality of water.

Therefore the flooding volume of trees and shrubs in the BoHPS reservoir is determined for five most probable options of work performance. The most favorable option in relation to flooding volume of wood is the fifth considered option, which supposes complete deforestation and clearing of felled areas. But also in this case more than 5 mln. m³ of territory will be flooded. The reason for this is that the first commercial timber logging was conducted more than 20 years ago, and now young growth and middle-aged crop constitutes 50 % of the total planted area, most of which is not merchantable wood.

In any case of cleaning of the reservoir floor from forest vegetation, the volume of wood will not exceed the maximum level, which disturbs safety criterion.

Meanwhile it is not enough to consider water related issues only in terms of quality of water and aquatic ecosystems, for this reason, the essential line of research is definition of regularities and estimation of the effect of water bodies changes impact on interactive ecosystems. This calls for coordination of research of many specialized scientific research institutes and environmental non-Government organizations, as well as significant financial contributions.

УДК 630*36:62-58

М. В. Волосунов, Н. Р. Шоль, Е. А. Будевич

МОДЕЛЬ НОВОГО МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА МОДУЛЬНОЙ СОЧЛЕНЁННОЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Рассмотрены различные варианты конструктивных схем механизмов поворота сочленённой лесотранспортной машины. Приведена принципиально новая конструктивная схема, выполнен её математический анализ в сравнении с другими схемами компоновок механизма поворота. Описан натурный эксперимент с выводом исследуемых экспериментальных величин в сравнении с теоретическими расчётами.

Ключевые слова: механизм поворота; гусеничная машина; сочленённая машина; поворот; колея.

Введение. Используемые в настоящее время в лесозаготовительном производстве схемы компоновки модульных гусеничных машин были разработаны ещё в середине прошлого века и не отвечают современным требованиям технологичности, экономичности, экологичности и т. п. Легкодоступные запасы деловой древесины с хорошей несущей способностью в большинстве своём уже разработаны. Проблемными по доступности являются запасы древесины в условиях избыточно увлажнённых и заболоченных типах лесорастительных условий. Здесь основная лесозаготовительная деятельность сопряжена с тяжёлыми транспортными условиями на грунтах со слабой несущей способностью, что резко увеличивает энергозатраты лесозаготовительной и лесотранспортной техники.

Существует острая необходимость разработки и внедрения принципиально новых перспективных технических решений в данной области.

Цель работы заключается в изыскании методов и способов снижения энергетических затрат тяговых лесотранспортных машин при транспортировке и повышение их эксплуатационных качеств путём увеличения манёвренности и проходимости на слабо-несущих грунтах.

Задачей исследования является минимизировать затраты энергии на преодоление неровностей, объезд препятствий и связанных с этим манёвров в процессе транспортировки.

Основание для конструктивных решений. Рассмотрим четыре варианта различных конструктивных схем поворота сочленённой гусеничной лесотранспортной машины (рис. 1).

Кинематически-силовой анализ четырёх сравниваемых режимов поворота (по рис. 1) позволяет определить общие зависимости момента поворота (кН·м) передней секции.

Первый (традиционный) способ поворота был рассмотрен в [1]

$$M_n = \frac{P \cdot \varphi_{mp} + K_y \cdot \delta + C_0 \cdot \mu_{\delta} \cdot r_k^2 \left(\frac{\pi \cdot \arccos((r_k - h) / r_k) - K}{A} \right)}{(1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}) \cdot (d_n^2 - 0,5d_u^2) \cos \alpha} \quad (1)$$

$$M_n = \frac{\pi}{4 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot P \left[a(d_n^2 - d_u^2) - 2 \cdot d_n^2 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ} \right] \quad (2)$$

$$M_n = 0,125 \cdot \pi \cdot b \cdot P (2d_n^2 - d_u^2) \quad (3)$$

$$M_n = a \cdot \cos \alpha \cdot P \cdot \pi (d_n^2 - 0,5d_u^2) \quad (4)$$

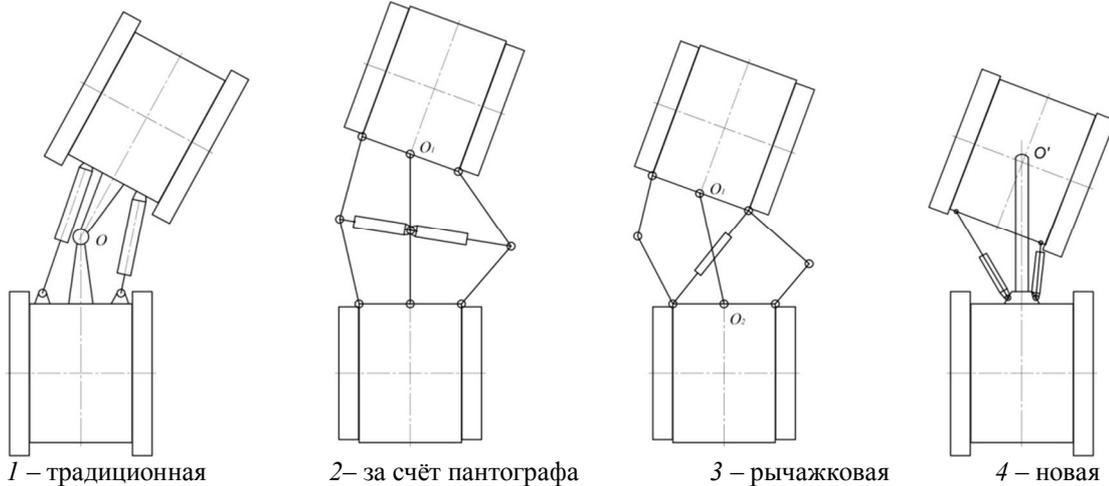


Рис. 1. Конструктивные схемы механизмов поворота сочленённых транспортных машин

Согласно методике [2] определения момента сопротивления повороту M_{cn} (кН·м) движителей (опорных ходовых элементов), находящихся в колее, он равен с учётом деформации грунта при создании M_n :

$$\Sigma M_{cn} = G \cdot \varphi_{mp} \cdot C + K_y \cdot \delta \cdot C + M_n \cdot \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ} + C_0 \cdot C \cdot \mu_{\delta} \Sigma F_c.$$

Условие выполнения поворота в колее:

$$M_n > \Sigma M_{cn}$$

или

$$M_n (1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}) > G \cdot \varphi_{mp} \cdot C + K_y \cdot \delta \cdot C + M_n \cdot \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ} + C_0 \cdot C \cdot \mu_{\delta} \Sigma F_c,$$

откуда

$$M_n > C \frac{G \cdot \varphi_{mp} + K_y \cdot \delta + C_0 \cdot \mu_{\delta} \cdot \Sigma F_c}{1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}},$$

где

$$\Sigma F_c = r_0^2 \left(\frac{\pi \cdot \arccos((r_k - h) / r_k) - K}{90^{\circ}} \right) = r_0^2 \cdot A.$$

Зная выражение M_n для каждой из схем, определим необходимое давление гидрожидкости (МПа) в приводных гидроцилиндрах каждой схемы (давление является критерием оценки энергоёмкости поворота в каждой схеме):

1 схема

$$P > C \cdot \frac{G \cdot \varphi_{mp} + K_y \cdot \delta + C_0 \cdot \mu_{\delta} \cdot r_k^2 \left(\frac{\pi \cdot \arccos((r_k - h) / r_k) - K}{A} \right)}{(1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}) \cdot (d_n^2 - 0,5d_u^2) \cos \alpha} \quad (5)$$

2 схема

$$P > C \cdot \frac{(G \cdot \varphi_{mp} + K_y \cdot \delta + C_0 \cdot \mu_{\delta} \cdot \sum F_c) \cdot 4 \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}}{(1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}) \cdot \pi [a \cdot (d_n^2 - d_{uu}^2) - 2d_n^2 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \alpha]}, \tag{6}$$

3 схема

$$P > C \cdot \frac{G \cdot \varphi_{mp} + K_y \cdot \delta + C_0 \cdot \mu_{\delta} \cdot \sum F_c}{(1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}) \cdot 0,125 \cdot \pi \cdot b \cdot (2d_n^2 - d_{uu}^2)}, \tag{7}$$

4 схема

$$P > C \cdot \frac{G \cdot \varphi_{mp} + K_y \cdot \delta + C_0 \cdot \mu_{\delta} \cdot \sum F_c}{(1 - \mu_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \varphi^{\circ}) \cdot a \cdot \cos \alpha \cdot \pi (d_n^2 - 0,5d_{uu}^2)}. \tag{8}$$

Исходные параметры расчёта:

угол поворота $\varphi^{\circ} = 30^{\circ}$; ширина секции $a = 2,5$ (м); длина секции $b = 1$ (м); используемый гидроцилиндр ЦС-110, $d_n = 0,11$ м, $d_{uu} = 0,04$ м.

Параметры глинистого грунта при разной консистенции B_k и величине глубины колеи h определены: $h = 0,1$ (м) для глинистой тугопластичной поверхности и $h = 0,156$ (м) для текучепластичного состояния с вариацией прочностных параметров $C_0, \varphi^{\circ} = f(B_k)$.

Параметр C – отношение a к $2b$ равен $C = \frac{2,5}{2,0} = 1,25$ (в расчётах параметр C взят

1,274, т.е. параметр b взят равным 0,98 м).

При расчёте величины P все параметры грунта и колёс ходовой части взяты из [1] и [3] для тугопластичного и текучепластичного состояния глинистой поверхности.

Расчёт параметров необходимого давления в гидроцилиндре по формулам 5–8 приведён в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение величин уровней необходимых значений P – давлений гидроцилиндров в сервоприводе механизмов поворота (движитель колёсно-гусеничный тандем)

Схема 1 (ЦС-110) «ломающаяся» рама*	Схема 2 (ЦС-110) пантограф	Схема 3 (ЦС-110) поворот рычагом	Схема 4 (ЦС-110) новая схема поворота
$h = 0,1$ м	$h = 0,1$ м	$h = 0,1$ м	$h = 0,1$ м
$P > 9,37$ МПа	$P > 3$ МПа	$P > 9,65$ МПа	$P > 1,1$ МПа
$h = 0,156$ м	$h = 0,156$ м	$h = 0,156$ м	$h = 0,156$ м
$P > 10,8$ МПа	$P > 2,52$ МПа	$P > 4,64$ МПа	$P > 0,54$ МПа

Примечание: *Схема 1 из [1] приведена к параметрам ЦС-110. Параметр P уменьшен в 1,25 раза, т.к. ширина секции a по схеме 1 больше в 1,25 раза (ЦС-80, $d_n = 0,11$ м, $d_{uu} = 0,04$ м, параметр $a = 2,0$ м).

Сравнив схемы механизмов поворота по критерию P , отдаём предпочтение схеме 4 (рис. 1), как обеспечивающей меньшую энергоёмкость поворота по величине необходимого давления в сервоприводах механизма поворота.

Решение. Конструируем испытательную модель по принципу схемы 4 рис. 1. Грузовой (неподвижный) модуль заменяем креплением на стене, а поворотный модуль вы-

полним с параметрами, приведёнными на рис. 2, снабдив модуль имитацией движителя в виде колёсно-гусеничного тандема.

Поворот модуля вокруг точек O и O' (по рис. 2) осуществляется за счёт гидроцилиндра с параметрами $d_n = 0,11 \text{ м}$, $d_{ш} = 0,04 \text{ м}$; угол поворота модуля составляет $\varphi^\circ = 30^\circ$; ширина секции $a = 2,5 \text{ м}$; длина секции $b = 1 \text{ м}$. Показатели давления в гидросистеме получаем при помощи манометра МТ №14 по ГОСТ 2405-72 с пределами измерений $0 \dots 25 \text{ МПа}$ в виде осциллограммы с максимальными пиками, соответствующими необходимому давлению в гидросистеме для обеспечения процесса поворота модуля. Испытательный образец нагружаем балластом до общего веса модуля 25 кН . Имитация неровности поверхности (колеи лесосеки) обеспечивается погружением движителя в грунт на глубину от $0,1 \text{ м}$ для тугопластичного и до $0,15 \text{ м}$ для текучепластичного состояния грунта. Консистенция грунта максимально приближена на первом этапе эксперимента – к тугопластичному состоянию, на втором этапе эксперимента – к текучепластичному состоянию. Эксперимент проводится в два этапа и состоит из двух частей (всего 4 испытания); каждая из схем проходит поочерёдно испытания на тугопластичном и текучепластичном грунте с варьированием высоты колеи. Движитель представляет собой колёсно-гусеничную систему (два моста на поворотном модуле – один гусеничный тандем на борт).

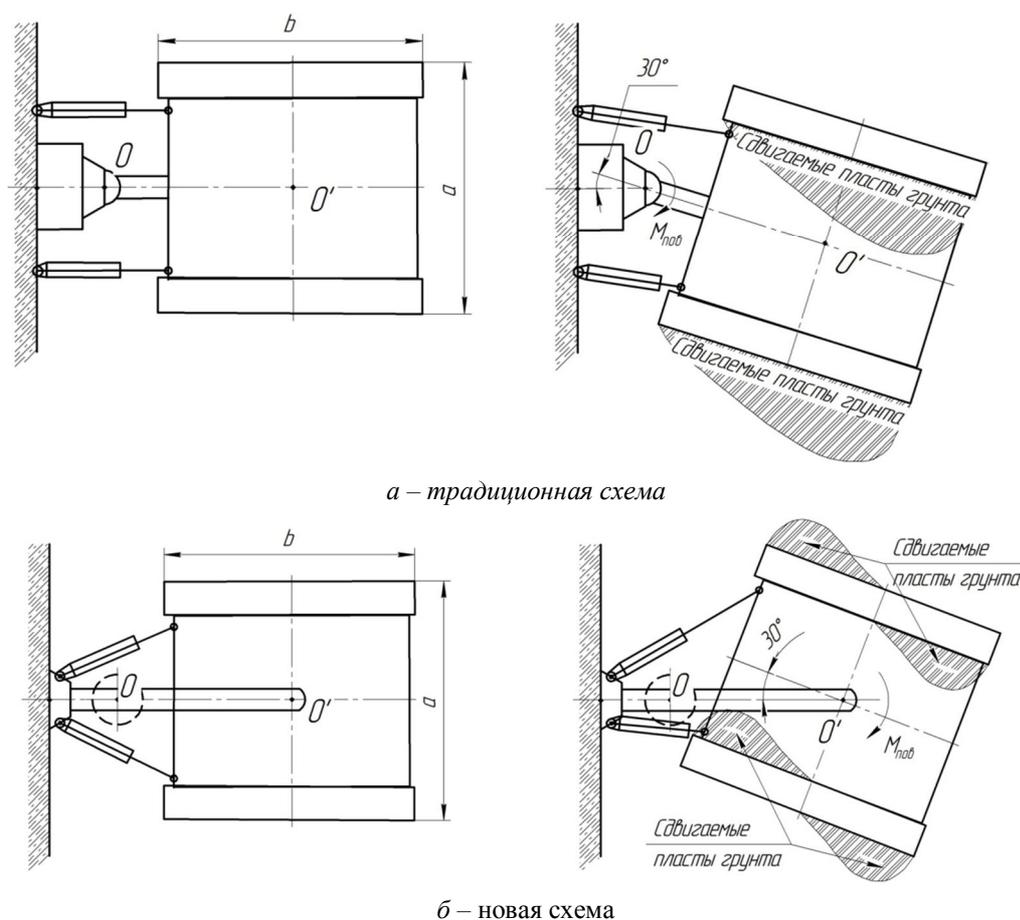


Рис. 2. Схемы поворота экспериментального модуля лесотранспортной машины

Показатели давления в гидроцилиндре механизма поворота получаем из осциллографического теста (рис. 3) и сводим их в табл. 2 для сравнения с расчётными.

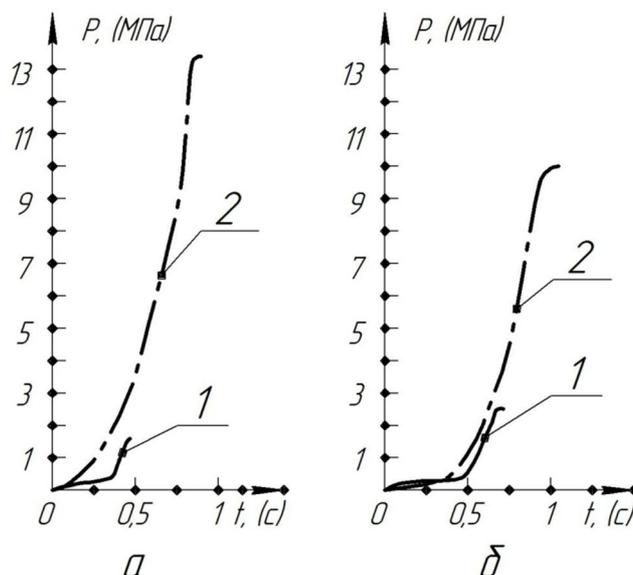


Рис. 3. Осциллограмма давления в гидроцилindre механизма поворота: а – текучепластичный грунт, б – тугопластичный грунт

Ввиду явного преимущества в проходимости на слабонесущих грунтах, приведённого и доказанного расчётами в [1], и тандемного колёсно-гусеничного движителя испытание на колёсном движителе не проводится.

В [1] доказано, что углубление движителя в несущую поверхность более 0,15 м не происходит, соответственно эксперимент ведётся до глубины колеи 0,15 м на грунте в тугопластичном состоянии.

Сравнивая полученные результаты с результатами теоретических расчётов, получаем подтверждение эффективности сконструированного механизма поворота в заданных параметрах.

Таблица 2

Сравнительные параметры давлений в гидроцилиндрах традиционной и новой схем поворота модели сочленённой лесотранспортной машины на базе колёсно-гусеничного тандема

Высота грунта, h (м)	Способ поворота	Состояние грунта	Расчётное значение, P (МПа)	Экспериментальное значение, P (МПа)
0,1	традиционный	Тугопластичное	11,7	9,9
0,1	новый		2,2	2,6
0,15	традиционный	Текучепластичное	13,5	13,1
0,15	новый		1,1	1,3

Разница между расчётными и экспериментальными показателями на тугопластичном грунте для традиционного способа поворота составляет 15 %, для нового способа – 15 %; на текучепластичном 3 и 15 % соответственно.

Различие полученных результатов вписывается в статистическую погрешность.

Причины:

– специфическое уплотнение грунта под опорной поверхностью колёсно-гусеничного тандема ввиду отсутствия накатанности;

– отсутствие продвижения поворотного модуля вперёд по колею (отсутствует вращение колёс колёсно-гусеничной системы во время поворота);

– невозможность создать идеальную консистенцию грунта, а также аппаратно контролировать созданную консистенцию (контроль визуально-технический «методом призм»).

Выводы. Таким образом, проанализированные схемы различных механизмов поворота позволяют однозначно отдать предпочтение схеме 4 (рис. 1) как наименее энергозатратному способу поворота сочленённой колёсно-гусеничной лесотранспортной машины. Выведенные формулы расчёта необходимого давления гидрожидкости в сервоприводах механизма поворота являются полноценными математическими моделями взаимодействия колёсно-гусеничного движителя на почвогрунты лесосеки в процессе поворота машины и могут быть применены к соответствующим схемам механизмов для расчёта необходимых усилий при осуществлении процесса поворота лесотранспортной машины.

Расчётные данные параметров давлений в сервоприводах гидроцилиндров имеют экспериментально подтверждённое повышение эффективности использования усилия гидроцилиндров новой схемы поворота относительно классической на тугопластичном грунте в 3,8 раза, а на текучепластичном грунте – в 10 раз, что является основанием для внедрения более прогрессивной конструктивной схемы поворота сочленённой транспортной лесной машины на базе колёсно-гусеничного тандема.

По результатам теоретических исследований и практических экспериментов подана заявка № 201216414/11 и получен патент на полезную модель №122354 [4].

Список литературы

1. Дроздовский, Г.П. Энергоёмкость поворота шарнирно-сочленённого трелёвочного трактора / Г. П. Дроздовский, Н. Р. Шоль // Материалы научно-технической конференции (март 2009, г.Ухта): в 3 ч. – Ухта: УГТУ, 2009. – Ч. 3. – С.194.
2. Затейников, Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин / Н.А. Затейников. – М.: Машиностроение, 1975. – 448 с
3. Волосунов М. В. Энергоёмкость поворота лесозаготовительных машин /М.В. Волосунов. – Материалы научно-технической конференции (март 2009, г.Ухта): в 3 ч.– Ухта: УГТУ, 2009. – Ч. 2. – С.234.
4. Пат. 122354 Российская Федерация МПК⁸ B62D 12/02 Механизм поворота модульной сочленённой транспортной машины / Волосунов М.В., Дроздовский Г.П.; заявитель и патентообладатель Ухта. ФГБОУ ВПО УГТУ. – № 201216414/11; заявл. 25.06.2012; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33. – 7 с. : ил.

References

1. Drozdovskiy G.P., Shol' N. R. Energoemkost' povorota sharnirno-sochlenennogo trelevochnogo traktora [Energy consumption of swing of the articulated skidder] Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (mart 2009, g. Ukhta) [Materials of scientific and technical conference (march, 2009, Ukhta) in 3 parts]. Ukhta: UGTU, 2009. P. 3. P. 194.
2. Zateynikov H.A. Osnovy teorii transportnykh gusenichnykh mashin [Theoretical framework of tracked vehicles]. M.: Mashinostroenie, 1975. 448 p.
3. Volosunov M. V. Energoemkost' povorota lesozagotovitel'nykh mashin [Energy consumption of swing of timber harvesting machines]. Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (mart 2009, g.Ukhta): v 3 ch. [Materials of scientific and technical conference (march, 2009, Ukhta) in 3 parts].Ukhta: UGTU, 2009. P. 2. P.234.
4. Volosunov M.V., Drozdovskiy G.P. Mekhanizm povorota modul'noy sochlenennoy transportnoy mashiny [Swing mechanism of modular forest articulated vehicle]. Patent RF, no. 122354, 2012.

Статья поступила в редакцию 19.10.12.

ВОЛОСУНОВ Михаил Владимирович – ассистент кафедры лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, Ухтинский государственный технический университет (Российская Федерация, Ухта). Область научных интересов – лесотранспортные машины. Автор семи публикаций.

E-mail: michaelvolosunov@mail.ru

ШОЛЬ Николай Рихардович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, Ухтинский государственный технический университет (Российская Федерация, Ухта). Область научных интересов – лесотранспортные и лесозаготовительные машины. Автор 145 публикаций.

E-mail: nshol@ugtu.net

БУДЕВИЧ Евгений Артурович – кандидат технических наук, доцент кафедры лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, Ухтинский государственный технический университет (Российская Федерация, Ухта). Область научных интересов – лесотранспортные машины. Автор 20 публикаций.

E-mail: kaf_ldm@ugtu.net

VOLOSUNOV Mikhail Vladimirovich – Teaching Assistant of the Department of Forestry, Woodworking Machinery and Material Science, Ukhta State Technical University (Russian Federation, Ukhta). Scientific interests – timber-hauling machines. Author of 7 publications.

E-mail: michaelvolosunov@mail.ru

SHOL' Nikolai Rikhardovich – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry, Woodworking Machinery and Material Science, Ukhta State Technical University (Russian Federation, Ukhta). Scientific interests – timber-hauling and Woodworking machines. Author of 145 publications.

E-mail: nshol@ugtu.net

BUDEVICH Evgeniy Arturovich – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Forestry, Woodworking Machinery and Material Science, Ukhta State Technical University (Russian Federation, Ukhta). Scientific interests – timber-hauling machines. Author of 20 publications.

E-mail: kaf_ldm@ugtu.net

M. V. Volosunov, N. R. Shol', E. A. Budevich

THE MODEL OF NEW ROTATION MECHANISM OF MODULAR FOREST ARTICULATED VEHICLE, THEORETICAL AND PRACTICAL JUSTIFICATION OF THE THEORY

Key words: *rotation mechanism; tracked vehicle; articulated vehicle; swing; rut.*

Layout schemes of modular tracked vehicles, which are used nowadays in Russian logging, were developed in the midst of last century and do not meet requirements of performance, efficiency and environmental friendliness, etc. There is an urgent need for development and implementation of revolutionary advanced technologies in this sphere.

The aim of this work is to study the methods and ways of saving power consumption economies when using traction timber-hauling machines in transportation, and improvement of their performance by means of enhancement of maneuverability and flotation ability in weak soil.

The calculations according to established schemes, used in rotation mechanism of timber-hauling machine models, show high pressure in hydraulic cylinders. Experiment with the proposed scheme illustrated distinct advantage.

Design pressure values in servo mechanisms of hydraulic cylinders show that the application of hydraulic cylinder force of new rotation mechanism is 3.8 times more effective in stiff soils, and 10 times more effective in very soft soils in comparison with the standard rotation scheme. These results are basis for implementation of a more progressive constructional rotation scheme of articulated forest vehicle based on combined wheeled and tracklaying vehicle.

УДК 625.7/8

Л. И. Малянова, М. Г. Салихов

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДОБАВКИ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА С ОТСЕВАМИ ДРОБЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Приведены результаты теоретического и экспериментального исследований асфальтобетонов с заменой компонентов (стабилизирующей добавки, дробленого песка изверженных пород и минерального порошка) на отходы камнедробления местных каменных материалов из месторождений известняков и доломитов Чувашии и с применением отходов химической промышленности Чувашии для покрытий лесовозных дорог.

Ключевые слова: известняки; доломиты; активация; адгезия; анилин; новантокс; лесовозные дороги.

Введение. Надежность асфальтобетонных покрытий определяется комплексом показателей его физико-механических свойств, а также использованием новых материалов и технологий в дорожном строительстве. Достигается это за счет повышения срока службы элемента, в котором данный материал используется, то есть за счет надежности конструкции. Это ведет к увеличению межремонтных сроков, что способствует повышению экономического эффекта [1]. Поэтому исследования, направленные на разработку дорожно-строительных материалов с повышенной долговечностью, пониженной материалоемкости и трудоемкости изготовления, а также с использованием местных сырьевых материалов и отходов промышленности при их изготовлении являются чрезвычайно актуальными. Одним из эффективных способов получения асфальтобетонов с повышенными эксплуатационными характеристиками является их модификация, заключающаяся во введении добавок поверхностно-активных веществ в состав вяжущего. Данный способ наиболее технологичен, т.к. в этом случае не требуется создания и использования новых устройств в комплексе асфальтобетонного завода. Несмотря на то, что к настоящему времени разработано большое количество добавок, которые с успехом используются для получения долговечных асфальтобетонов, поиск новых видов поверхностно-активных веществ продолжается.

Целью работы является снижение себестоимости и улучшение физико-механических характеристик горячих асфальтобетонов с отсевами дробления известняков (ОДИ) для верхнего и нижнего слоев покрытий лесовозных дорог.

Решаемые задачи, направленные на достижение цели. Предпосылками и обоснованием поставленной задачи является поиск путей нахождения и объяснения механизмов обеспечения стабильности микроструктуры мелкощебенистых асфальтобетонов с заменой в новом составе компонентов (стабилизирующей добавки, дробленого песка изверженных пород и минерального порошка) на отходы камнедробления местных каменных материалов из месторождений известняков и доломитов Чувашии и с применением отходов химической промышленности Чувашии для покрытий лесовозных дорог.

Аналитическое моделирование. Основанием для такой замены являются физико-химические процессы на разделах фаз, такие как активационные, адсорбционные и адгезионные процессы. При перемешивании гранитного щебня порошкообразными (дисперсными) составляющими ОДИ происходит активация кислых поверхностей, приводящая к усилению адгезионных процессов. Обоснованием для такого утверждения является известная теория об ориентационном межмолекулярном взаимодействии для полярных молекул, усиливаемом за счет проявления процесса зеркального отображения и возникновения электрической силы между субстратом (гранитом) и адгезивом (пленкой асфальтового вяжущего) [2]. При этом дисперсные составляющие ОДИ, наряду с асфальтовыми компонентами вяжущего – нефтяного битума, будут активно участвовать в качестве структурообразующих центров. Одновременно возможно и возникновение химического взаимодействия между карбонатными частицами и вяжущим. Между поверхностями известняковых дисперсных частиц и нефтяными битумами происходят также адсорбционные процессы, выявленные в специальных исследованиях многих авторов [3]. Из-за отмеченных процессов масляная часть битумного вяжущего при достаточной суммарной внешней поверхности дисперсных частиц ОДИ способна перейти в ориентированное (связанное) состояние [4, 5]. Это, в свою очередь, является причиной роста когезии. Вследствие этого получается более устойчивый к внешним воздействиям каркасной структуры органический бетон. Переход битумно-дисперсной части в полужестко-полуэластичное состояние с повышенными адгезионными и когезионными свойствами должен привести к образованию конгломератной системы, более устойчивой к внешним воздействиям.

Техника эксперимента. Проверка теоретических представлений проводилась путем определения влияния добавок с содержанием побочных продуктов производств анилина (ЛКМС1) и Новантокса 8 ПФДА (ЛКМС2) – антиоксиданта предприятия «Химпром» Чувашской Республики смесей на физико-механические показатели горячих асфальтобетонных смесей типа Б-1 [6]. Лабораторные испытания проводились по известным методикам на стандартных цилиндрических образцах асфальтобетона диаметром и высотой 71,5 мм. В экспериментах определялись средняя плотность, водонасыщение, коэффициент водостойкости и прочность на сжатие при температурах +20, +50 °С. В качестве прототипа выбраны технические решения, приведенные в [6], где раскрыто приготовление горячих асфальтобетонных смесей типа Б для устройства верхнего и нижнего слоев покрытия лесовозных дорог во II и III дорожно-климатических зонах. В работе изучено влияние отходов химической промышленности Чувашии (ЛКМС1 и ЛКМС2) на свойства битума и асфальтобетона.

Результаты лабораторных экспериментов и их анализ. Для проверки теоретических предположений проведены лабораторные опыты со следующими составами, % масс:

-состав № 1: щебень М1200 – 47,0; отсева дробления прочных пород (дробленый песок) – 43,0; отсева дробления известняков – 10,0; битум вязкий БНД 90/130 (свыше 100 %) – 4,8; ЛКМС1 – 0...3,0;

-состав № 2: щебень М1200 – 47,0; отсева дробления прочных пород (дробленый песок) – 43,0; отсева дробления известняков – 10,0; битум вязкий БНД 90/130 (свыше 100 %) – 4,8; ЛКМС2 – 0...3,0.

На основании проведенных экспериментов произведено сравнение результатов полученных образцов асфальтобетона классического и предлагаемого составов. В последних образцах песок и минеральный порошок заменены отсевами дробления карбонатных пород, а в качестве вяжущего использовался модифицированный битум с добавками 0,6 % от его массы.

Зерновой состав ОДИ

Размеры сит, мм	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	< 0,071	Сумма
Частные остатки, %	0,0	7,41	12,05	8,11	9,43	12,30	9,78	12,18	28,7	100,0

Гранулометрический состав минеральной части асфальтобетона выбран на основе подбора соотношений, обеспечивающих получение производственного состава, отвечающего регламентированным границам кривых распределения минеральных частиц по размерам.

Одной из составных частей общей теории асфальтобетона, сформулированной И. А. Рыбьевым [7], является формирование его структуры. Причем в развитии физико-химических процессов и образовании структурных связей значительная роль отводится потенциальным возможностям и специфическим особенностям исходных материалов. Выяснение этого необходимо для раскрытия потенциала сырья и прогнозирования его поведения на всех этапах технологических пределов и в составе композита.

Интерпретация результатов. Влияние количества добавок на среднюю плотность проиллюстрировано на рис. 1.

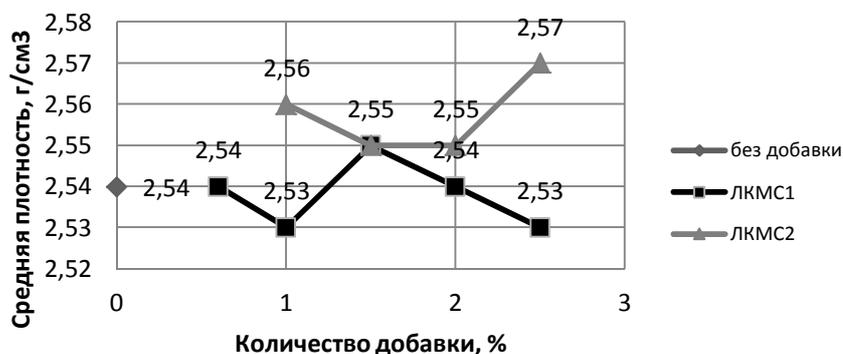


Рис. 1. График зависимости средней плотности образцов асфальтобетона с ОДИ от количества добавки

Из рисунка видно, что с увеличением добавок ЛКМС1 возрастает значение средней плотности асфальтобетонной смеси. При введении добавок ЛКМС2 значения водонасыщения асфальтобетонной смеси уменьшаются (рис. 2).

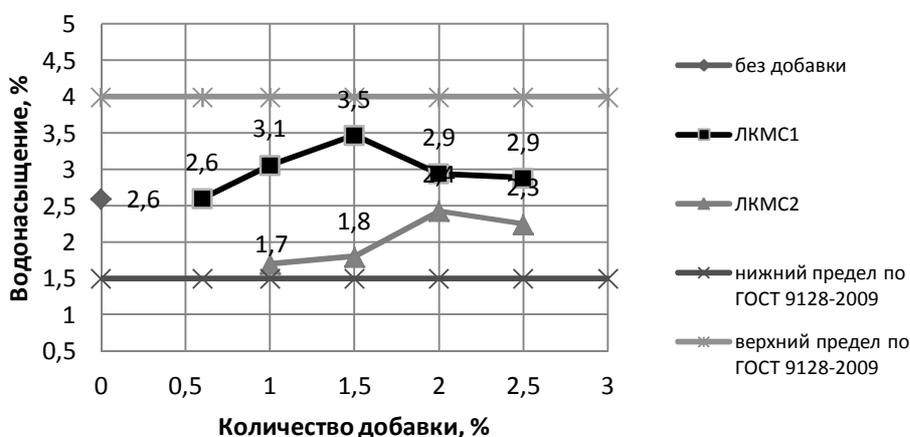


Рис. 2. График зависимости водонасыщения образцов из асфальтобетона с ОДИ от количества добавки

При использовании добавок ЛКМС1 и ЛКМС2 значение показателя водонасыщения уменьшается до нижнего предела, что способствует получению жирной асфальтобетонной смеси. Это позволяет снизить количество вяжущего (битума) в смеси. Известно, что чем ближе показатель водонасыщения к верхнему пределу, тем суше асфальтобетонная смесь, соответственно увеличивается и количество вяжущего.

При введении в вяжущее добавок ЛКМС1 и ЛКМС2 резко увеличивается предел прочности на сжатие асфальтобетонов (рис. 3). Результаты испытаний показали, что прочность на сжатие образцов при температуре $+20 \pm 2$ °С колеблется в пределах 5,4 ... 7,1 МПа, что выше требований по [6].

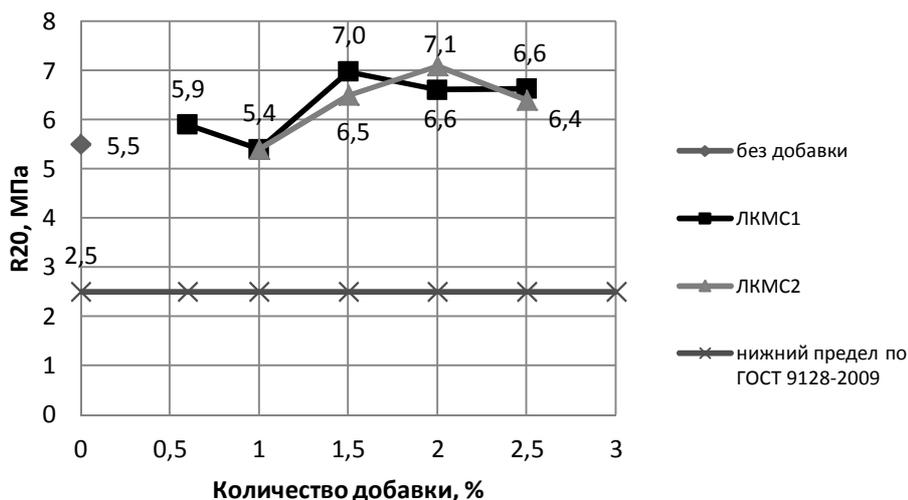


Рис. 3. График зависимости предела прочности на сжатие образцов из асфальтобетона с ОДИ от количества добавки

Добавки ЛКМС 1 и ЛКМС 2 незначительно влияют на предел прочности на сжатие образцов, испытанных при температуре $+50$ °С (рис. 4). Однако эти показатели в 1,5 раза выше нижнего предела по [6].

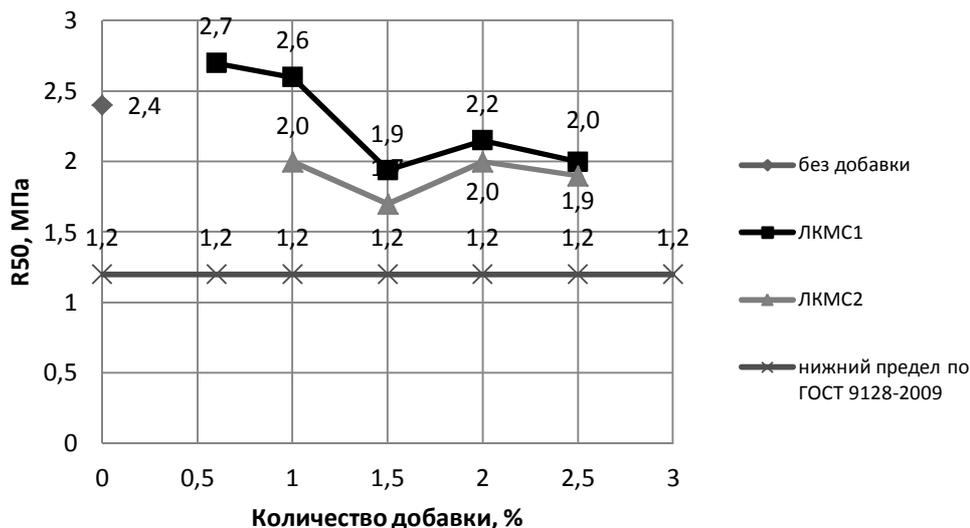


Рис. 4. График зависимости предела прочности на сжатие при температуре $+50$ °С асфальтобетона с ОДИ от количества добавки

Конструкционные материалы дорожных одежд работают в сложных условиях. В летний период дорожное покрытие нагревается до температуры $+50...+60$ °С. Это ведет к снижению вязкости битумных связей и падению прочности. В результате от действия транспортной нагрузки могут появляться пластические деформации в виде волн, колеи, гребенки и т.д. Соответственно, чем выше показатель прочности при температуре $+50$ °С, тем меньше вероятность образования колеи на дорожном покрытии. Полученные значения прочности образцов варьируются в пределах от 2,0 до 2,7, что соответствует [6].

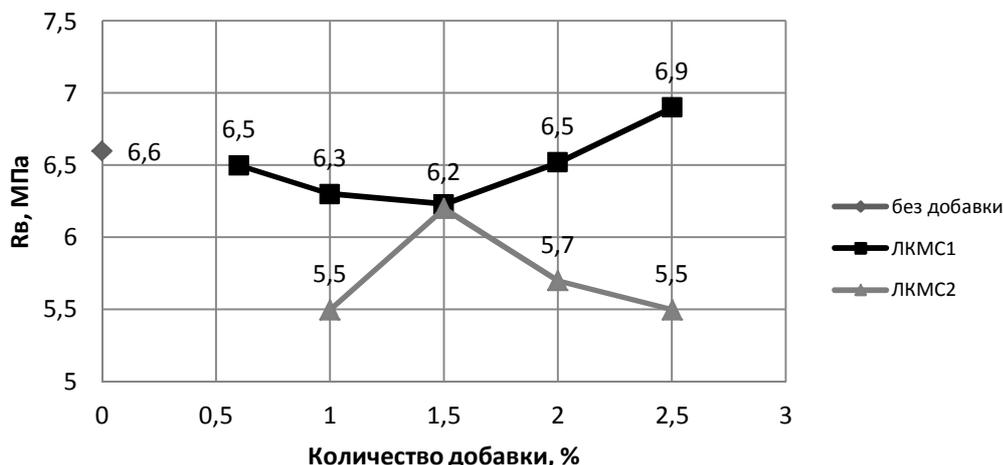


Рис. 5. График зависимости прочности на сжатие водонасыщенных образцов из асфальтобетона с ОДИ при температуре (20 ± 2) °С от количества добавок

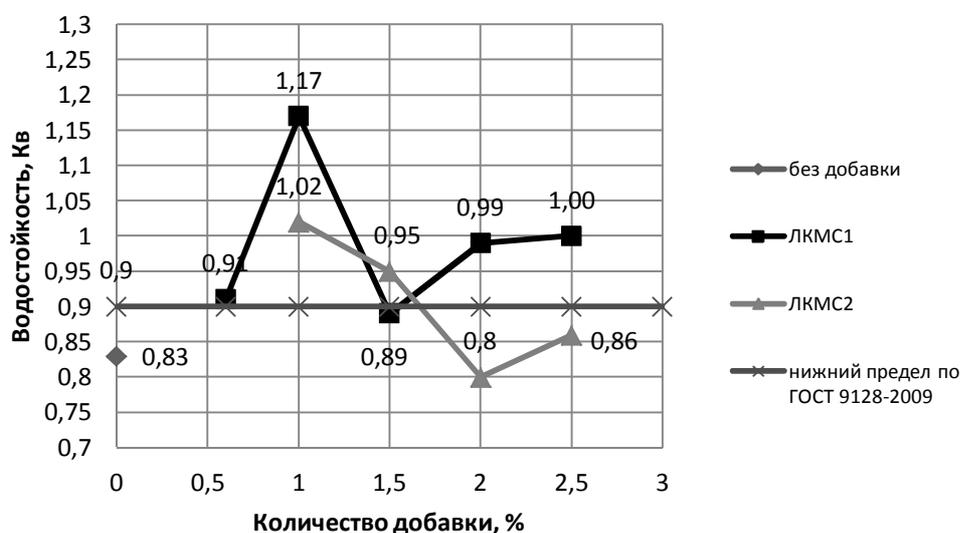


Рис. 6. График зависимости коэффициента водостойкости асфальтобетонных образцов с ОДИ от количества добавки

Значение коэффициента водостойкости K_v для асфальтобетона по ГОСТ 9128-2009 [6] должно быть не менее 0,9. Чем выше значение коэффициента водостойкости, тем прочнее асфальтобетон.

Выводы

1. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований доказана возможность улучшения физико-механических свойств асфальтобетона добавками отходов химического производства и малопрочного известняка Чувашии.

2. Предложенные составы асфальтобетонной смеси соответствуют требованиям ГОСТ 9128-2009 к горячим асфальтобетонам типа Б и позволяют их использовать в качестве материала покрытий лесовозных дорог.

3. Исследования в направлении разработки составов модификаций асфальтобетонных смесей с жидкими отходами промышленности Чувашии и отсевов дробления известняков М 200...М 400, позволяющих улучшить их показатели по сравнению с ГОСТ 9128-2009, продолжаются.

Список литературы

1. Веренько, В.А. Новые материалы в дорожном строительстве: Учеб. пособие / В.А. Веренько. – Минск.: Изд-во УП «Технопринт», 2004. – 170 с.

2. Зимон, А.Д. Что такое адгезия / А.Д. Зимон. – М.: Наука, 1983. – 176 с.

3. Салихов, М.Г. Разработка научно-практических основ объемной пропитки малопрочных каменных материалов жидкими вяжущими для дорожного строительства: Автореф. дисс. ... докт. техн. наук – М.: МАДИ-ГТУ, 1999. – 38 с.

4. Салихов, М.Г. Щебеночно-мастичные асфальтобетоны пониженной стоимости для покрытий лесовозных дорог / М.Г. Салихов, В.М. Вайнштейн, Е.В. Вайнштейн // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – Йошкар-Ола.: МарГТУ, 2009. – № 3 (7). – С. 64-67.

5. Салихов, М.Г. Влияние длительного нагревания на процессы старения и физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона с добавками отсевов дробления малопрочных известняков / М.Г. Салихов, Е.В. Вайнштейн // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – Йошкар-Ола.: МарГТУ, 2010. – № 2 (9). – С. 82-86.

6. ГОСТ 9128-2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – Введен в действие с 1.01.2011 г.

7. Рыбьев, И.А. Асфальтовые бетоны / И.А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1969. – 369 с.

References

1. Veren'ko V.A. Novye materialy v dorozhnom stroitel'stve: [New materials in road construction]. Minsk.: UP«Tekhnoprint» Publishing House, 2004. 170 p.

2. Zimon A.D. Chto takoe adgeziya [What is adhesion]. M.: Nauka, 1983. 176 p.

3. Salikhov M.G. Razrabotka nauchno-prakticheskikh osnov ob'emnoy propitki malo-prochnykh kamennykh materialov zhidkimi vyazhushchimi dlya dorozhnogo stroitel'stva [Development of research and practice basis of volume penetration of soft aggregates with fluid binders for road building]. M.: MADI-GTU, 1999. 38 p.

4. Salikhov M.G., Vaynshteyn V.M., Vaynshteyn E.V. Shchebenochno-mastichnye asfal'tobetonny ponizhennoy stoimosti dlya pokrytiy lesovoznykh dorog [Low cost macadam and mastic asphalt concrete for logging roads topping]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Vestnik of Mari State Technical University. Ser: Forest. Ecology. Management of natural resources.]. Yoshkar-Ola.: MarGTU, 2009. No 3 (7). P. 64-67.

5. Salikhov M.G., Vaynshteyn E.V. Vliyaniye dlitel'nogo nagrevaniya na protsessy stareniya i fiziko-mekhanicheskie svoystva shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona s dobavkami otsefov drobleniya malo-prochnykh izvestnyakov [The Effect of Long-Term heating on ageing processes and physical and mechanical properties of macadam and mastic asphalt concrete with additives of dust of crushed soft limestone]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Vestnik of Mari State Technical University. Ser: Forest. Ecology. Management of natural resources.]. Yoshkar-Ola.: MarGTU, 2010. No 2 (9). P. 82-86.

6. GOST 9128-2009. Smesi asfal'tobetonnyye dorozhnyye, aerodromnyye i asfal'tobeton. Tekhnicheskyye usloviya [Asphaltic concrete mixtures for roads, aerodromes and asphaltic concrete. Specifications]. M.: Standartinform, 2010. Valid since 1.01.2011 g.

7. Ryb'ev I.A. Asfal'tovyye betony [Asphaltic concrete]. M.: Vysshaya shkola, 1969. 369 p.

Статья поступила в редакцию 05.03.12.

МАЛЯНОВА Лидия Ивановна – старший преподаватель, Волжский филиал Московского автодорожного института (Российская Федерация, Чебоксары). Область научных интересов – поиск и исследование органических бетонов для покрытий и оснований лесовозных автомобильных дорог с использованием местных отходов химической и строительной промышленности. Автор шести публикаций.

E-mail: Malyanova.lidia@mail.ru

САЛИХОВ Мухаммет Габдулхаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – физико-химические процессы и экологические аспекты производства и применения дорожно-строительных материалов. Автор 185 публикаций, 10 патентов и авторских свидетельств СССР и РФ на изобретения.

E-mail: SalihovMG@volgatech.net

MALYANOVA Lidiya Ivanovna – Senior Lecturer, The Volga Branch of the Moscow Auto-Road Institute (Russian Federation, Cheboksary). Scientific interests - organic concrete for topping and base of logging auto-roads using effluents from local chemical and building industry. Author of six publications.

E-mail: Malyanova.lidia@mail.ru

SALIKHOV Mukhammet Gabdulkhayevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automobile Roads, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – physical and chemical processes and environmental aspects of production and application of road building materials. Author of 185 publications, 10 patents and inventor's certificates of USSR and RF.

E-mail: SalihovMG@volgatech.net

L. I. Malyanova, M. G. Salikhov

**THE STUDY OF THE IMPACT OF MODIFIED ADDITIVE ON SOME
PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE WITH CRUSHED LIMESTONE DUST
FOR TOPPING OF LOGGING ROADS**

Key words: limestone; dolomite; activation; adhesion; aniline; novantox; logging roads.

One of the most efficient ways of production of asphalt concrete with improved performance properties is its modification, by means of addition of surfactant materials to binder. This method is more technologically viable, since it does not require construction and application of new equipment in asphalt concrete plants.

The aim of the work is reduction of costs and improvement of physical and mechanical properties of hot asphalt concrete with crushed limestone dust for base and surface course of logging roads.

Background and rationale of the set task is search and explanation of mechanisms of stability of microstructure of small stone asphalt, substituting components (stabilizer, igneous rocks sand and mineral filler) for by-passed stone of local aggregates from limestone and dolomite deposits using waste products of the chemical industry of Chuvashia for logging roads topping. The reason for such substitution is physical and chemical processes in interfaces of phases, such as activation, adsorptive and adhesive processes.

Theoretical models were verified by means of analysis of impact of additives containing aniline production by-products (LKMS1) and Novantox 8 PFDA (LKMS2) (antioxidant of Khimprom facility of the Chuvash Republic), on physical and chemical properties of hot bitumen-concrete mixtures of B-1 type. Laboratory tests were conducted according to the established procedures using standard asphalt-concrete cylindrical specimens 71,5 mm in diameter and height. These tests calculated mass specific gravity, water saturation, water resistance grade and strength of compression at temperatures of 20 °C and +50 °C. The work studies the impact of waste products of the Chuvash chemical industry (LKMS1 and LKMS2) on the bitumen and asphalt-concrete properties.

On the basis of conducted experiments the results of received asphalt-concrete specimens of standard and proposed composition were compared. In final specimens, sand and mineral filler was substituted for dust, produced of crushed carbonate rock, and mod-bit with 0,6 % additives was used as binding substance.

Application of LKMS1 and LKMS2 additives reduces water saturation factor to the lowest notch, it provides asphalt-concrete with a high cement factor. This condition enables lower quantity of binder (bitumen) in mixture. Addition of LKMS1 and LKMS2 to binder increases ultimate compressive strength of asphalt-concrete. The results of tests showed that compressive strength of specimens at the temperature of +20±2°C ranges from 5,4 to 7,1 MPa, which is higher than standard requirements.

LKMS1 and LKMS2 additives slightly affect the ultimate compressive strength of specimens, tested at a temperature of +50 °C. But these values are 1.5 higher than a lower limit. In summer the road surface heats up to the temperature of 50...60 °C. This reduces viscosity of bitumen bonds and lowers the strength. Consequently, rolling load on roads can cause plastic flows in the form of corrugations and ruts. Therefore the higher the strength index at a temperature of +50 °C is, the less possible is rutting on the road surface. Obtained strength values of specimen are ranged from 2.0 to 2.7 which meets the Specifications for Asphalt Concrete.

As a result of conducted theoretical and experimental research, it has been proved that physical and mechanical properties of Asphalt Concrete can be improved by means of additives of waste products of chemical industry and soft limestone of Chuvashia.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 581.522.5

И. Л. Бухарина, П. А. Кузьмин

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ НА ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ТАНИНОВ В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ)

Выявлено воздействие техногенной среды на жизненное состояние и формирование патологий у изучаемых видов растений. Изучена динамика содержания танинов в листьях древесных растений, произрастающих в насаждениях различных функциональных зон города. Показано участие данного метаболита в формировании приспособительных реакций древесных растений к условиям техногенной среды.

Ключевые слова: *техногенная среда; танины; древесные насаждения; категории насаждений.*

Введение. Интенсивность развития промышленного производства и рост автотранспорта приводят к существенному снижению жизненного состояния древесных растений.

В приспособительных реакциях растений к условиям техногенного стресса участвуют различные метаболиты, такие, как витамины, ферменты, пигменты, гормоны, фенольные соединения. Фенольные соединения выполняют в растениях защитные функции. При механических повреждениях тканей растений в них начинается интенсивное новообразование фенольных соединений, сопровождающееся окислительной конденсацией в поверхностных слоях, продукты конденсации образуют защитный слой. Некоторые фенольные соединения способны повышать устойчивость растений к заболеваниям [1]. Важным химическим свойством фенольных соединений является их способность к обратному окислению. Они являются системой, элементы которой связаны взаимными окислительно-восстановительными переходами. Однако благодаря способности легко отдавать и захватывать электроны, фенольные соединения выступают и в роли восстановителей, проявляя прооксидантные свойства [2]. К фенольным соединениям относятся дубильные вещества (танины). Ранее было отмечено возрастание содержания танинов в побегах древесных растений, произрастающих в зонах техногенного напряжения [3]. Таким образом, фенольные соединения, в частности танины, являются важным элементом в формировании адаптивных реакций древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды.

Город Набережные Челны входит в состав Республики Татарстан, которая расположена на территории Среднего Поволжья, в месте слияния двух крупнейших рек Волги и Камы, в зоне достаточного увлажнения. Климат умеренно-континентальный. Годовое количество осадков составляет в среднем 555 мм. Средняя годовая температура составляет примерно 2...3,1 °С.

Набережные Челны – крупный промышленный центр с населением 530 тыс. человек. Основные отрасли промышленности в городе – машиностроение, электроэнергетика, строительная индустрия, пищевая и перерабатывающая промышленность. Ключевым (градообразующим) предприятием города является Камский автомобильный завод. Характеристика степени загрязнения атмосферного воздуха в местах произрастания древесных растений проведена нами на основе «Доклада об экологическом состоянии Республики Татарстан». Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) показывает очень высокое загрязнение и превышение уровня предельно допустимой концентрации по бенз(а)пирену, формальдегиду, фенолам, оксидам углерода и азота [4].

Цель работы – изучить особенности динамики содержания танинов, как элемента антиоксидантной системы защиты, в листьях древесных растений, произрастающих в насаждениях с разной степенью техногенной нагрузки (на примере г. Набережные Челны).

Решаемые задачи: 1) дать агрохимическую характеристику почв районов исследования; 2) определить жизненное состояние древесных растений в различных функциональных зонах г. Набережные Челны; 3) выявить пороки древесных растений, произрастающих в различных категориях насаждений; 4) проанализировать динамику содержания танинов в листьях древесных растений.

Объект и методика исследований. Древесные растения: клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) и клён остролистный (*Acer platanoides* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). Изучаемые виды произрастают в городе в составе различных экологических категорий насаждений: магистральные посадки (крупные магистрали Авто 1, Набережночелнинский проспект и проспект Мира) и санитарно-защитные зоны (СЗЗ) промышленных предприятий ОАО «КамАЗ» завод «Литейный», «Кузнечный» и «Двигателей», являющихся основными загрязнителями города. В качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны территории Челнинского (лесостепная зона 9539 га, лесостепной район европейской части Российской Федерации) и Елабужского (зона хвойно-широколиственных лесов 8996 га, район хвойно-широколиственных лесов европейской части Российской Федерации) лесничеств, а для интродуцированных видов – территория городского парка «Гренада».

Пробные площади закладывали регулярным способом (по 5 шт. в каждом районе, размером не менее 0,25 га). В пределах пробных площадей нами проведены таксационные описания всех древесных растений с фиксированием патологий (пороков) [5,6]. Жизненное состояние древесных растений устанавливали визуально по степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон растений. Согласно методике, по десятибалльной шкале оценивали: количество живых ветвей в кронах деревьев (P1), степень облиственности крон (P2), количество живых (без некрозов) листьев в кронах (P3), среднее количество живой площади листа (P4). В районах закладки пробных площадей провели отбор почвенных образцов [7–9].

Для изучения динамики содержания танинов в листьях растений в пределах пробной площади был проведен отбор (по 10 растений каждого вида) и нумерация учетных древесных растений, дана оценка их жизненного состояния [10]. Учетные особи имели хорошее жизненное и средневозрастное генеративное онтогенетическое состояние (g_2). Содержание конденсированных танинов в листьях древесных растений определяли

трижды в течение вегетации (июнь, июль, август), используя перманганатометрический метод (метод Левенталя в модификации Курсанова) [9].

Анализы почв и растительных образцов проводили в лаборатории экологии и физиологии растений биологического факультета филиала Казанского (Приволжского) федерального университета в г. Елабуга.

Математическую обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 5.5». Для интерпретации полученных материалов использовали методы описательной статистики и дисперсионный многофакторный анализ (по перекрестно-иерархической схеме, при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test).

Результаты исследований. Проведенный агрохимический анализ показал, что почвы в насаждениях зон условного контроля имеют нейтральную и слабощелочную реакцию ($pH_{KCl} = 7,0-7,2$), содержание органического вещества от низкого до среднего (2–5,8 %), содержание подвижного фосфора от повышенного до очень высокого (115,4–191,3 мг/кг), обменного калия от высокого до очень высокого (210–314 мг/кг). В почвах отмечено высокое содержание нитратных форм азота (105–405) и низкое содержание аммонийных форм азота (8,3–19,3 мг/кг) (табл. 1).

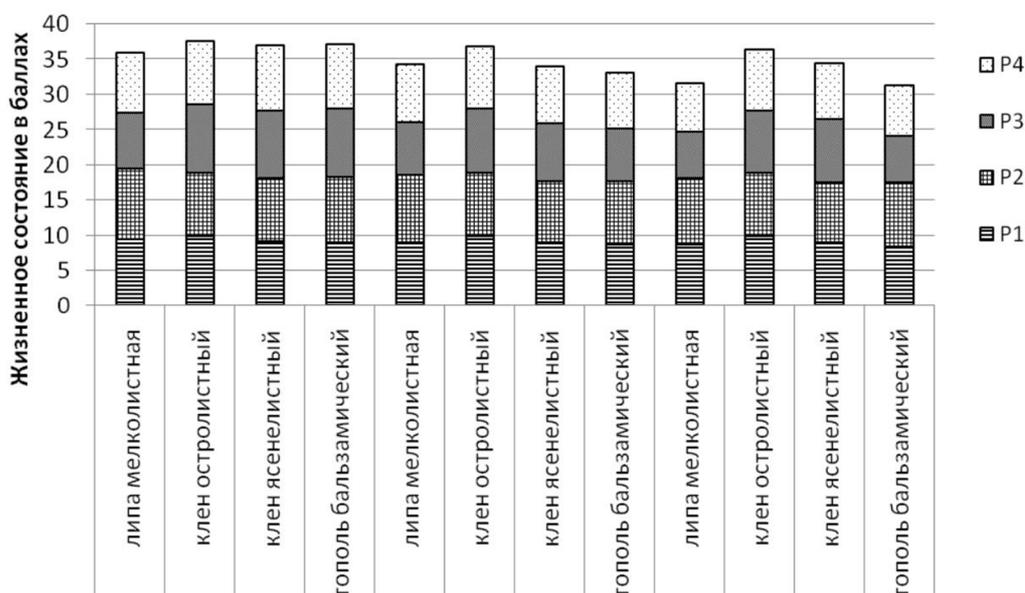
Таблица 1

**Агрохимическая и физическая характеристика почв в районах исследования
(г. Набережные Челны)**

Район исследования	Показатели						
	pH_{KCl}	pH_{H_2O}	содержание доступных форм элементов, мг/кг				органическое вещество, %
			NH_4^+	NO_3^-	P_2O_5	K_2O	
Зона условного контроля							
Челнинское лесничество	7,2	7,8	8,3	405	115,4	210	5,3
Елабужское лесничество	7,0	7,9	10,3	105	241,0	251	2,0
Парк «Гренада»	7,1	8,0	19,3	210	291,3	314	5,8
Санитарно-защитная зона промышленных предприятий							
Завод «Литейный»	7,5	8,5	6,1	300	400,0	267	6,2
Завод «Кузнечный»	6,7	7,3	14,9	247	326,0	245	5,5
Завод «Двигателей»	6,5	7,1	15,6	286	352,0	261	5,9
Магистральные насаждения							
Дорога «Авто 1»	7,4	8,4	8,1	175	29,8	325	1,7
Набережночелнинский проспект	7,5	8,7	6,1	37	53,5	254	2,1
Проспект Мира	7,7	8,6	6,4	164	22,7	210	3,1

В насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий почвы характеризовались слабокислой и слабощелочной реакцией ($pH_{KCl} = 6,5-7,5$), содержанием органического вещества от среднего до повышенного (5,5–6,2 %), содержанием нитратных форм азота на уровне 247–300 мг/кг и аммонийных форм азота на уровне 6,1–15,6 мг/кг. В магистральных насаждениях почвы имели: обменную кислотность 7,4–7,7 ($pH_{H_2O} = 8,4-8,7$), характеризующую слабощелочную реакцию почв; низкое содержание органического вещества (1,7–3,1 %); от низкого до среднего содержание аммонийного азота (6,1–8,1 мг/кг), нитратного азота (37–175) и подвижного фосфора ($P_2O_5 = 29,8-53,5$ мг/кг); от высокого до очень высокого содержание обменного калия ($K_2O = 210-325$ мг/кг).

Анализ жизненного состояния (ЖС) растений показал, что в насаждениях ЗУК клен остролистный имеет хорошее жизненное состояние (38 баллов из максимальных 40), а остальные изучаемые виды имеют удовлетворительное состояние: липа мелколистная (36), клен ясенелистный и тополь бальзамический (по 37 баллов) (рис.1). В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках особи неудовлетворительного состояния представлены липой мелколистной (32–34), кленом ясенелистным (34) и тополем бальзамическим (31–33 балла). Клен остролистный в данных категориях насаждений имеет удовлетворительное состояние (37 баллов). Снижение жизненного состояния у видов древесных растений, произрастающих в городских насаждениях разных экологических категорий, связано с сильным повреждением листовых пластинок и формированием некроза листьев, со снижением показателя живой площади листа. Полученные результаты сопоставимы с ранее проведенными таксационными исследованиями на территории г. Ижевска, в которых также отмечалось снижение жизненного состояния древесных и травянистых растений в городских насаждениях [11].



P1 – количество живых ветвей в кронах деревьев; P2 – степень облиственности крон; P3 – количество живых (без некрозов) листьев в кронах; P4 – среднее количество живой площади листа

Рис. 1. Жизненное состояние древесных растений в различных функциональных зонах (г. Набережные Челны)

В городских насаждениях были отмечены следующие патологии (пороки) древесных растений: морозные трещины, прорости (открытые и закрытые), кривизна ствола, механические повреждения, сухобокость, многоствольность, наличие сухих ветвей в кроне, краевой некроз листьев. В насаждениях ЗУК наиболее часто встречались – морозные трещины (у 42% особей), прорости (27) и механические повреждения (23% особей). В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках преобладали морозные трещины и сухобокость (по 28% особей), прорости (22), кривизна ствола и многоствольность (по 11% особей).

Таким образом, в городских условиях в насаждениях отмечено разнообразие пороков у изучаемых видов древесных растений, что является следствием интенсивной техногенной нагрузки на древесные насаждения.

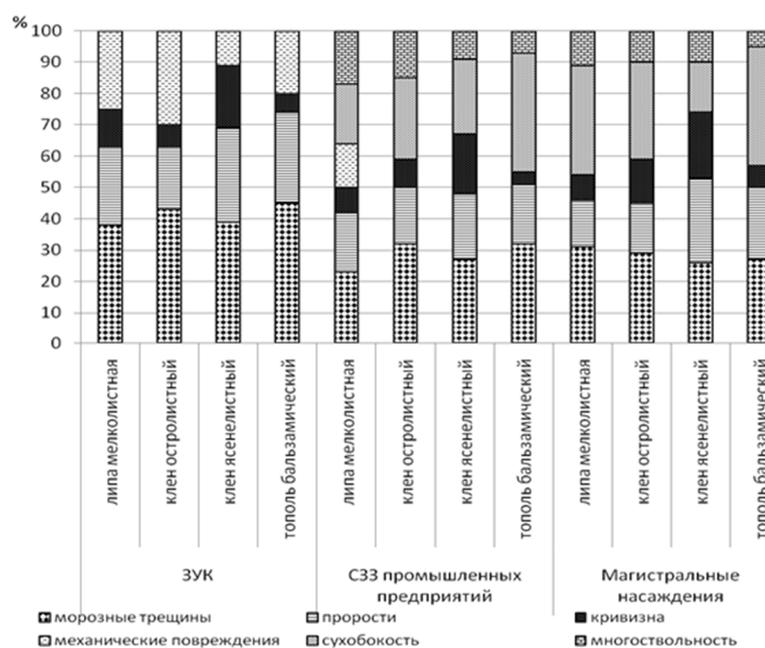


Рис. 2. Пороки древесных растений, произрастающих в различных категориях насаждений (г. Набережные Челны)

Дисперсионный анализ выявил существенность влияния видовых особенностей (уровень значимости $P < 10^{-5}$), комплекса условий места произрастания ($P = 5,91 \times 10^{-5}$), сроков вегетации ($P < 10^{-5}$), а также взаимодействия этих факторов ($P < 10^{-5}$) на содержание танинов в листьях древесных растений.

Из изученных видов наибольшее количество танинов отмечено в августе у тополя бальзамического и клена остролистного (1,53 и 1,60 % соответственно). В июле у тополя бальзамического в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках содержание данного метаболита в листьях увеличивается на 0,1 и 0,13 % по сравнению с его содержанием в насаждениях ЗУК, при $НСР_{05} = 0,01$ % (табл. 2). К августу содержание танинов в листьях тополя бальзамического выравнивается по категориям насаждений и составляет 1,53 %, что, на наш взгляд, связано с активацией синтеза данного метаболита в листьях растений в условиях городской среды. У представителей рода Клен реакция противоположная. Клен остролистный и клен ясенелистный во все периоды наблюдений (июнь–август) в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках имели достоверно меньшее содержание танинов в листьях по сравнению с насаждениями ЗУК: в июне, соответственно, на 0,02–0,04 и 0,03–0,06 %; в июле – на 0,1–0,13 и 0,02–0,12; в августе – на 0,01–0,08 и 0,15–0,17 %. Полученные результаты свидетельствуют об интенсивном расходовании данного метаболита и его возможном участии в процессах адаптации древесных растений в условиях техногенного стресса. У липы мелколистной общая тенденция динамики данного метаболита схожа с представителями рода Клен, однако, наблюдается некоторое отличие. Оно проявляется в том, что содержание танинов в листьях в июле у особей, произрастающих в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, повышается на 0,16 % по сравнению с ЗУК, а в августе – снижается на 0,1 %.

У всех исследуемых видов древесных растений мы наблюдали ответную реакцию на увеличение степени техногенной нагрузки, выраженную в достоверном изменении содержания танинов в листьях. Усредненные данные динамики содержания танинов в листьях изучаемых видов древесных растений представлены на рис.3.

Таблица 2

Динамика содержания танинов в листьях древесных растений, произрастающих в различных категориях насаждений г. Набережные Челны, %

Месяц	Вид древесного растения			
	<i>Tilia cordata</i> Mill.	<i>Populus balsamifera</i> L.	<i>Acer platanoides</i> L.	<i>Acer negundo</i> L.
Зона условного контроля (НСР ₀₅ = 0,01)				
июнь	0,61	0,72	0,88	0,72
июль	0,95	1,10	1,16	1,17
август	1,23	1,53	1,62	1,48
Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий				
июнь	0,59	0,73	0,86	0,69
июль	1,11	1,20	1,06	1,05
август	1,13	1,53	1,56	1,33
Магистральные посадки				
июнь	0,58	0,75	0,84	0,66
июль	0,90	1,33	1,03	1,15
август	1,16	1,53	1,61	1,31

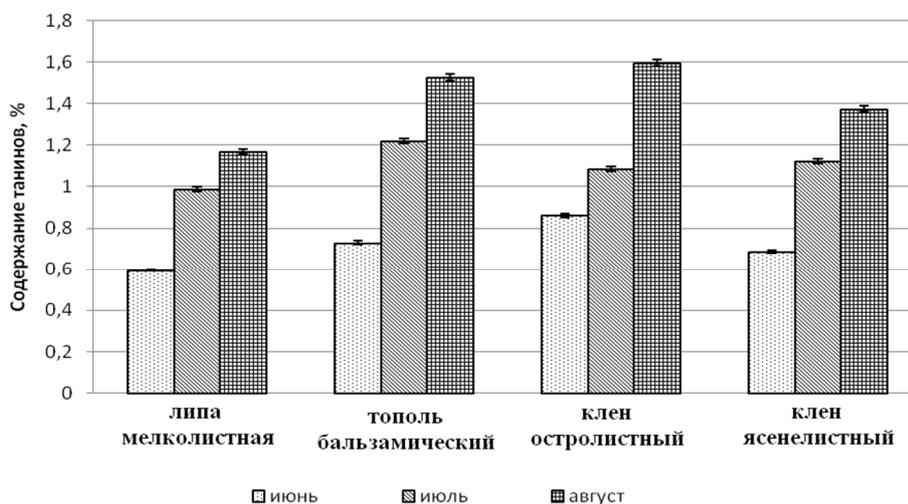


Рис. 3. Динамика содержания танинов в листьях древесных растений

В конце периода активной вегетации растений в каждой из изучаемых категорий насаждений наблюдается достоверный рост содержания конденсированных танинов в листьях у всех исследуемых нами видов древесных растений ($P < 10^{-5}$).

Выводы

1. В насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий почвы характеризовались слабокислой и слабощелочной реакцией, содержанием органического вещества от среднего до повышенного, содержанием нитратных форм азота на уровне 247–300 мг/кг и аммонийных форм азота на уровне 6,1–15,6 мг/кг. В магистральных насаждениях почвы имели: слабощелочную реакцию; низкое содержание органического вещества; от низкого до среднего содержание аммонийного азота, нитратного азота и подвижного фосфора; от высокого до очень высокого содержание обменного калия.

2. В городских насаждениях разных экологических категорий происходит снижение жизненного состояния, что связано с сильным повреждением листовых пластинок и формированием некроза листьев, со снижением показателя живой площади листа.

3. У древесных растений в насаждениях с повышенной антропогенной нагрузкой отмечается наличие разнообразных пороков, таких, как морозные трещины, прорости

(открытые и закрытые), кривизна ствола, механические повреждения, сухобокость, многоствольность, наличие сухих ветвей в кроне, краевой некроз листьев, что является следствием интенсивной техногенной нагрузки.

4. Содержание конденсированных танинов в листьях исследуемых видов древесных растений возрастает в течение всего периода активной вегетации и максимального значения достигает в августе. Причем у изучаемых видов (за исключением тополя бальзамического) концентрация данного метаболита в листьях растений, произрастающих в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадках, достоверно снижается по сравнению с растениями в насаждениях зон условного контроля.

Список литературы

1. Зеленая книга Республики Татарстан. – Казань: Идел, 2006. – 420 с.

2. *Барабой, В.А.* Растительные фенолы и здоровье человека / В.А. Барабой. – М.: Наука, 1984. – 160 с.

3. *Бухарина, И.Л.* Особенности динамики содержания аскорбиновой кислоты и танинов в побегах древесных растений в условиях г. Ижевска / И.Л. Бухарина // Растительные ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 109-117.

4. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2011 году». URL: <http://www.eco.tatarstan.ru/rus/info.php?id=424234> (дата обращения: 15.02.2012).

5. *ГОСТ 2140 – 81.* Пороки древесины. Классификация, термины и определения. Способы измерения. Введ.1981.01.01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1982. – 121 с.

6. *Соколов, П.А.* Таксация леса. Ч 1. Таксация отдельных деревьев: Учебное пособие / П.А. Соколов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 32 с.

7. *Гришина, Л.А.* Учет биомассы и химический анализ растений / Л.А. Гришина, Е.М. Самойлова. – М.: МГУ, 1971. – 99 с.

8. *Николаевский, В.С.* Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский. – М.: МГУЛ, 1999. – 193 с.

9. *Бухарина, И.Л.* Биохимия растений: учеб. пособие для агроном. специальностей вуза / И.Л. Бухарина, О.В. Любимова; под общ. ред. И.Л. Бухариной. – Ижевск: ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2009. – 50 с.

References

1. Zelenaya kniga Respubliki Tatarstan [Green book of the Republic of Tatarstan]. Kazan': Idel, 2006. 420 p.

2. *Baraboy V.A.* Rastitel'nye fenoly i zdorov'e cheloveka [Plant phenols and human health]. M.: Nauka, 1984. 160 p.

3. *Bukharina I.L.* Osobennosti dinamiki sodержaniya askorbinovoy kisloty i taninov v pobegakh drevesnykh rasteniy v usloviyakh g. Izhevsk [Characteristics of dynamics of the content of ascorbic acid and tannins in wood plants offshoots in Izhevsk]. Rastitel'nye resursy [Planting Resources]. 2011. No 2. P. 109-117.

4. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i ob okhrane okruzhayushchey sredy Respubliki Tatarstan v 2011 godu». [State report «On condition of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2011»]. URL: <http://www.eco.tatarstan.ru/rus/info.php?id=424234> (reference date: 15.02.2012).

5. *GOST 2140 – 81.* Poroki drevesiny. Klassifikatsiya, terminy i opredeleniya. Sposoby izmereniya [Defects of wood. Classification, terms and definitions. Ways of measurement]. Introduction. 1981.01.01. M.: Gosstandart Rossii: Publishing house of standards, 1982. 121 p.

6. *Sokolov P.A.* Taksatsiya lesa. Ch 1. Taksatsiya ot del'nykh derev'ev [Wood taxation. H 1. Single tree taxation]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 1998. – 32 p.

7. *Grishina L.A., Samoylova E.M.* Uchet biomassy i khimicheskiy analiz rasteniy [Biomass record and chemical analysis of plants]. M.: MGU, 1971. – 99 p.

8. *Nikolaevskiy V.S.* Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredy i sostoyanie nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsii [Ecological assessment of pollution of the environment and the condition of ground ecosystems by means of phytoindication]. M.: MGUL, 1999. 193 p.

9. *Bukharina I.L., Lyubimova O.V.* Biokhimiya rasteniy: ucheb.posobie dlya agronom. spetsial'nostey vuza [Biokhimiya of plants: studies. grant for the agronomist. specialties higher education institutions]. Izhevsk: FGOU VPO «Izhevskaya GSKhA», 2009. 50 p.

10. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 1984.01.07. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1983. – 4 с.

11. Бухарина, И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварнищина, К.Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2007. – 216 с.

10. GOST 17.4.3.01-83. Okhrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob [Nature protecton. Soils. General requirements to sampling]. Introduction 1984.01.07. M.: Gosstandart Rossii: Publishing house of standards, 1983. 4 p.

11. Bukharina I.L., Povarnitsina T.M., Vedernikov K.E. Ekologo-biologicheskie osobennosti drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede [Ecological and biological peculiarities of wood plants in the urbanized environment]. Izhevsk: FGOU VPO «Izhevskaya GSKhA», 2007. – 216 p.

Статья поступила в редакцию 04.05.12.

БУХАРИНА Ирина Леонидовна – доктор биологических наук, профессор кафедры инженерной защиты окружающей среды, заместитель директора по научной работе, Институт гражданской защиты, Удмуртский государственный университет (Российская Федерация, Ижевск). Область научных интересов – изучение адаптации растений в экстремальных условиях произрастания с целью эффективного использования насаждений при экологической оптимизации и восстановлении техногенного нарушения территорий. Автор более 130 публикаций.

E-mail: buharin@udmlink.ru

КУЗЬМИН Петр Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры биологии и экологии, Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета (Российская Федерация, Елабуга). Область научных интересов – изучение эколого-физиологических особенностей древесных растений урбанизированных территорий. Автор более 20 публикаций.

E-mail: petrkuzmin84@yandex.ru.

BUHARINA Irina Leonidovna – Doctor of Biological Sciences, Professor of Chair of Engineering Environment Protection, Deputy Director for Scientific Work at the Institute of Civil Protection, Udmurt State University (Russian Federation, Izhevsk). Scientific interests –adaptation of plants to extreme conditions of growth for the purpose of effective use of plantings in ecological optimization and restoration of technogenic violation of territories. Author of more than 130 scientific and educational works.

E-mail: buharin@udmlink.ru

KUZMIN Peter Anatolyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Teacher of the Chair of Biology and Ecology, Branch of Kazan (Volga) Federal University (Russian Federation, Elabuga). Scientific interests –ecological and physiological features of wood plants on the urbanized territories. Author of more than 20 scientific and educational.

E-mail: petrkuzmin84@yandex.ru.

I. L. Bukharina, P. A. Kuzmin

IMPACT OF INDUSTRIAL ENVIRONMENT ON VITALITY AND TANNIN CONTENT IN THE LEAVES OF WOODY PLANTS (NABEREZHNYE CHELNYCASE STUDY)

Key words: industrial environment; tannins; tree plantation; plantation categories.

The growth rate of industry and a growing number of vehicles results in loss of vitality of wood plants. Various metabolites, such as, vitamins, ferments, pigments, hormones, phenol compounds, are involved in adaptive reactions of plants to the conditions of technogenic stress. Phenol compounds in plants perform protective functions. Phenol compounds, in particular tannins play an important role in formation of adaptive reactions of woody plants in polluted environment.

The aim of this work is to explore the features of dynamics of tannin content in leaves of woody plants as part of antioxidant protective system in plantations with different level of technogenic impact, and to define vitality of woody plants in different functional zones of Naberezhnye Chelny, to determine defects of woody plants, growing in different plantation types, to analyze the dynamics of tannin content in leaves of woody plants.

The research is aimed at *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L., *Tiliacorda* Mill., *Populus balsamifera* L. The species under study grow in the city within different environmental plantations: along highways and sanitary protection zones of industrial enterprises, which are the main contamination sources of the city. The territories of Chelninskiy and Elabuzhskiy forest districts are chosen as areas of conventional control, and the area of the city park Grenada is chosen for alien species. The content of condensed tannins in leaves of woody plants was tested three times during the period of vegetation (in June, July, August), using Leventhal method modified by Kursanov. The analysis of soils and plant species was conducted in Ecology and Plant Physiology laboratory of Biology Faculty of the branch of Kazan (Volga Region) Federal University.

The analysis revealed that soils in plantations of sanitary protection zones of industrial enterprises were characterized by subacid and faintly alkaline reaction, average to high content of organic compounds, nitrate nitrogen concentration on the level of 247–300 mg/kg and ammonium nitrogen concentration on the level of 6.1–15.6 mg/kg. The soils in plantations along highways had: faintly alkaline reaction; organic compounds at low concentrations; medium to low ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and labile phosphorus concentration; high to very high concentration of exchange potassium.

The city plantations of different ecological types are characterized by loss of vitality, it is caused by severe damage of limbs and necrosis of leaves, by reduction in leaf area index.

Woody plants in plantations with higher anthropogenic impact have different defects such as, frost cracks, inbarks (opened and closed), barrel curvature, mechanical defects, side drought, decurrent branching, dead branches in krone, marginal leaf necrosis, all these defects are the consequence of intensive man-caused impact.

The content of condensed tannins in leaves of the wood plant species under study is constantly increasing during the whole vegetation season and reaches its maximum in August. Notably, the concentration of this metabolite in leaves of the studied species (except for *Populus balsamifera* L.), growing in plantations of sanitary protection zones of industrial enterprises and along highways, was significantly reduced in comparison with the level of tannin content in conventional control zone.

УДК 579.26

Т. Х. Гордеева, О. В. Малюта, Н. Н. Гаврицкова

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕЛИОРАНТОВ

Исследовано микробиологическое состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением на основе осадков сточных вод. Оценку проводили по трем группам показателей: биологическая активность почвы (протеазная, аммонифицирующая, целлюлозоразрушающая); численность и функциональное разнообразие почвенных микроорганизмов; эколого-трофическая структура микробного комплекса почвы. Установлено, что удобрения активизируют почвенно-микробиологические процессы, усиливая минерализацию углерод- и азотсодержащих органических соединений, что способствует накоплению элементов питания для растений.

Ключевые слова: почвенные мелиоранты; биологическая активность; микробиоценоз; качество среды.

Введение. Несоблюдение принципов рационального природопользования привело к изъятию огромных площадей из сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования, а также к деградации земель [1]. Одним из способов восстановления природной среды, и в частности почв, является рекультивация. В настоящее время достаточно широко применяются для рекультивации нарушенных земель нетрадиционные почвенные мелиоранты на основе отходов производства и потребления. Создание таких мелиорантов достаточно актуально, так как позволяет решить ряд экологических проблем. Во-первых, получить новые композиции удобрений, обладающих хорошими мелиорирующими свойствами, для использования на территориях, нуждающихся в реабилитации, во-вторых, решается проблема утилизации отходов. Однако созданные композиции, помимо положительных свойств, нередко приобретают, в результате взаимодействия компонентов, нежелательные характеристики, в частности – токсичность, поэтому при использовании подобных мелиорантов необходимо обеспечить экологическую безопасность для окружающей среды и контроль качества мелиорируемых почв.

Целью работы являлась оценка влияния нетрадиционных почвенных мелиорантов на биологическую активность дерново-подзолистой почвы.

Методика и объекты исследований. Исследования проводили на территории Кокшайского лесничества Республики Марий Эл, отведенной под новый лесной питомник. Почвенный покров лесного питомника представлен дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвой на покровных суглинках (поле: гумус – 0,96 %, калий – 6,2 мг/кг, фосфор – 9,45 мг/кг, рН – 4,99; лес: гумус – 1,86 %, калий – 5,2 мг/кг, фосфор – 8,1 мг/кг, рН – 4,44).

Объектом исследований была почва лесного питомника, мелиорированная нетрадиционным органическим удобрением (НОУ) на основе осадков сточных вод и хвойно-

лиственного опада со сроком компостирования три года в дозе 120 т/га. Отношение осадка к наполнителю 1,4:1. Контролем служил вариант без внесения мелиоранта. На опытном объекте был проведен уравнительный посев злаков (овес) и бобовых (горох). Повторность опыта – трехкратная. В качестве экологического контроля оценивали почву целинной территории (лес), прилегающей к питомнику. Состав древостоя: 5Б4С1Лп; А=60 лет, Р=0,8, Н=15 м; подлесок – рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.); подрост – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth); живой напочвенный покров – земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), злаки (Poaceae), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и др. Исследования проводили через три месяца после внесения нетрадиционных мелиорантов.

Биологическую активность почвы оценивали с помощью аппликационных методов, разработанных Е.Н. Мишустиным, И.С. Востровым и А.Н. Петровой [2, 3]. Определение класса опасности органических отходов проводили согласно методикам определения токсичности водных вытяжек из осадков сточных вод по смертности с использованием дафний (*Daphnia magna* Straus) [4], люминесцентных бактерий «Эколюм» [5] и культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) [6].

Образцы почв для микробиологического анализа отбирали из слоя почвы 0–20 см методом Красильникова. Учет численности микроорганизмов проводили традиционным методом, путем посева различных почвенных разведений на агаризованные питательные среды. Бактерии, мобилизующие органические источники азота, учитывали на мясо-пептонном агаре; актиномицеты и бактерии, усваивающие минеральные формы азота, определяли на крахмало-аммиачном агаре; микромицеты – на подкисленной среде Чапека; олиготрофные формы – на почвенном агаре; автохтонные микроорганизмы – на нитритном агаре; спорообразующие бактерии – на мясо-пептонном агаре + сусло-агар; дрожжи – на среде Сабуро; азотфиксирующие бактерии – методом обрастания комочков почвы на среде Эшби [7]. Идентификацию видового состава доминирующих микроорганизмов проводили по определителям и руководствам [8–10]. Общую численность микроорганизмов определяли по методу Виноградского в модификации Шульгиной [2]. Численность эколого-трофических групп почвенной микрофлоры выражали в колониеобразующих единицах на 1 г абсолютно сухой почвы (КОЕ/г). Интенсивность микробиологических процессов минерализации почвенного органического вещества оценивали по индексам олиготрофности $K_{\text{олиг.}} = [\text{олиготрофы} / \text{аммонификаторы}]$, минерализации $K_{\text{мин.}} = [\text{иммобилизаторы} / \text{аммонификаторы}]$, микробиологической трансформации растительных остатков $K_{\text{транс. раст. остат.}} = [(\text{аммонификаторы} + \text{иммобилизаторы}) \times \text{аммонификаторы} / \text{иммобилизаторы}]$ и показателю общей биогенности ПО = бактерии / микромицеты.

Измерение всех параметров проводили в пятикратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica.

Результаты исследований. Оценку токсичности почвенного мелиоранта проводили методами биотестирования с использованием трех тест-организмов: дафний (*Daphnia magna* Straus), люминесцентных бактерий «Эколюм» и культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Установлено, что применяемое в опыте нетрадиционное органическое удобрение имеет четвертый класс опасности для окружающей среды, т.е. наблюдается слабая токсичность (табл. 1).

Проведение микробиологического анализа показало, что в почвенной микрофлоре исследованных почв доминирующее положение занимает бактериальный комплекс численностью порядка 4,5 – 17,7 млн. КОЕ/г абсолютно сухой почвы. Доля содержания

микробиотного комплекса незначительна, его численность варьирует от 85,0 тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы и ниже.

Таблица 1

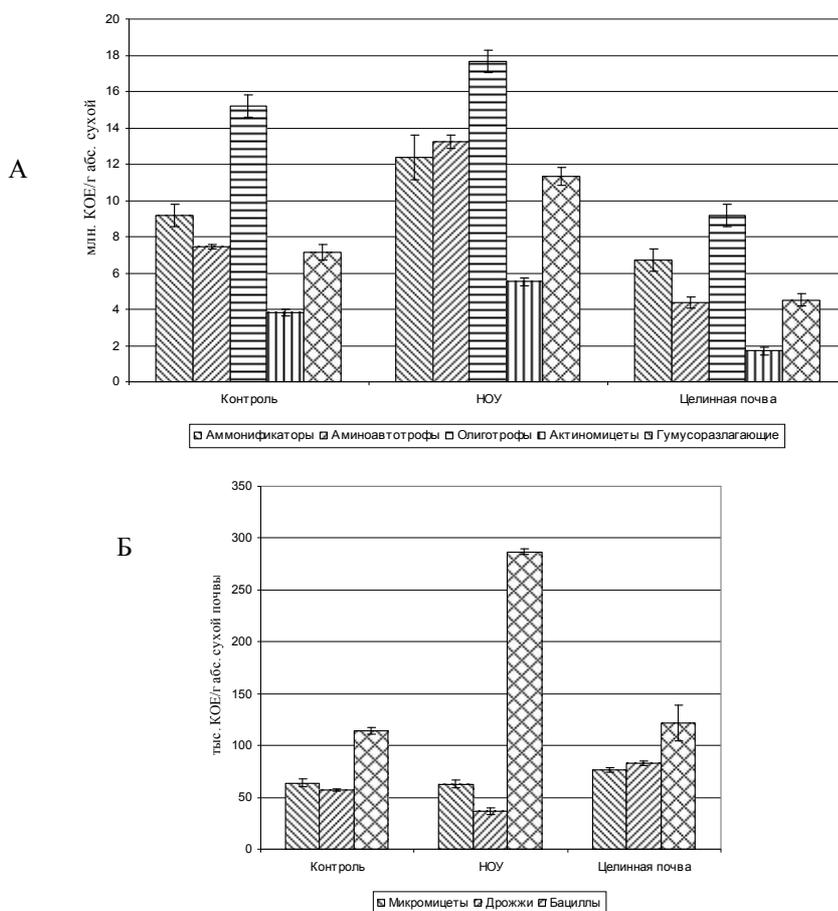
Определение класса опасности отходов методами биотестирования с использованием дафний, бактерий и водорослей

Показатели токсичности в тесте с дафниями			Показатели токсичности в тесте с бактериями		Показатели токсичности в тесте с водорослями		Класс опасности отхода
ЛКР ¹ ₍₅₀₋₄₈₎	БКР ² ₍₁₀₋₄₈₎	Класс опасности	Т-индекс токсичности	Класс опасности	ТКР ³ _(+20/30-22)	Класс опасности	
-	1	V	-13,56	V	7,76	IV	IV

Примечание: 1 – летальная кратность разведения; 2 – безопасная кратность разведения; 3 – токсичная кратность разведения.

Почвенные образцы характеризуются содержанием микробного пула порядка 10^8 - 10^9 КОЕ/г. Наиболее высокий запас микроорганизмов установлен в целинной почве – 1,8 млрд. КОЕ/г, несколько ниже в почве, мелиорируемой нетрадиционным органическим удобрением, – 1,4 млрд. КОЕ/г, минимальный микробный пул 1,1 млрд. КОЕ/г – в контрольной почве.

Анализ численности основных физиологических групп микроорганизмов показал (см. рис.), что внесение компоста на основе осадков сточных вод увеличивает количество гетеротрофных микроорганизмов по сравнению с неудобренной почвой.



Численность (А, Б) основных физиологических групп микроорганизмов в дерново-подзолистой почве

Численность аммонифицирующих бактерий в почве, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением, увеличивается в 1,4 раза по сравнению с контрольными значениями и в 1,9 раза по сравнению с целинной почвой. Наименьшая численность аммонификаторов отмечается в почве лесного фитоценоза.

Выраженный стимулирующий эффект компоста на основе осадков сточных вод на гетеротрофный блок микроорганизмов, по-видимому, связан как большим количеством органического вещества, вносимого с компостом, так и с наличием в его составе в качестве наполнителя целлюлозы, также являющейся субстратом для гетеротрофов, но более устойчивой к разложению. По данным [11], стимуляция гетеротрофного блока микроорганизмов, особенно таких быстрорастущих, как бактерии, обеспечивается дополнительным внесением органического вещества осадков.

Среди копиотрофов доминируют бактерии, усваивающие подвижные формы минерального азота. Их численность в мелиорированной почве увеличивается в два раза по сравнению с контролем. Преобладание микроорганизмов, усваивающих минеральные соединения азота, над микроорганизмами, ассимилирующими его органические формы, указывает на высокую интенсивность процессов микробиологической минерализации органического вещества, о чем свидетельствует и коэффициент минерализации, который в этом варианте больше 1. Это подтверждают и высокие показатели коэффициента олиготрофности и микробной трансформации растительных остатков, отражающие уровень интенсивности мобилизационных процессов в почве (табл. 2). В целинной почве аммонифицирующие микроорганизмы преобладают над минерализаторами: количество аминоавтотрофов было минимальным.

Таблица 2

Активность микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве

Вариант опыта	Коэффициент			Относительный показатель	
	Минерализации	Олиготрофности	Микробной трансформации растит. остатков	Биогенности почвы	Плотности азотфиксирующей микрофлоры, %
Контроль	0,76	1,65	21,29	146,03	62
Почва, модифицированная НОУ	1,24	1,43	24,01	193,75	9
Целинная почва (лес)	0,66	1,37	16,90	78,82	30

В то же время численность олиготрофных микроорганизмов, извлекающих мономерные соединения при низкой их концентрации в среде, достаточно велика, что свидетельствует о низкой трофности исследуемых почв.

В почве, мелиорированной компостом на основе осадков сточных вод, усиливаются процессы трансформации гумусовых веществ почвы. Численность автохтонной микрофлоры увеличивается в почве опытного варианта в 1,6 раза. Возрастание количества автохтонной микрофлоры, специализирующейся на разложении сложных соединений в почве на ранних этапах рекультивации, вероятно, свидетельствует о более высокой степени гумифицированности органического вещества компостов. Наименьшее количество гумусоразлагающих микроорганизмов отмечается в целинной почве (смешанный лес). Процесс трансформации гумуса протекает здесь менее активно и создаются предпосылки для его синтеза.

Следует отметить невысокую численность микроскопических грибов в составе микробных комплексов исследуемых почв (их количество варьируется от 85,0 тыс. КОЕ/г и ниже) и высокое процентное содержание актиномицетов (до 27–35 % от общего числа микроорганизмов, выросших на крахмало-аммиачном агаре). Наибольшая численность микромицетов выявлена в почве смешанного леса. Внесение компоста на основе осадков сточных вод не оказывало существенного влияния на количество грибов. В почве, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением, численность микромицетов отмечается на уровне контрольных значений. Относительный показатель биогенности почвы, отражающий соотношение численности бактерий и грибов, изменялся с достаточно широкой амплитудой: от 78,82 (целинная почва) до 193,75 (при внесении удобрений) и располагался в порядке снижения величины относительно показателя биогенности следующим образом: лес < контроль < мелиорант.

Характер изменения численности актиномицетов связан с их непосредственным участием в разложении клетчатки. Актиномицеты появляются на более поздних стадиях минерализации органических веществ в почве. Они способны использовать в процессе своей жизнедеятельности в качестве источника углерода и энергии вещества, не доступные для бактерий: труднодоступные компоненты растительных тканей, гумусовые вещества и даже лигнин. В почве, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением на основе осадков сточных вод, численность актиномицетов увеличивается по сравнению с контрольной почвой, что свидетельствует о стимуляции процессов разложения труднодоступных органических веществ. Увеличение количества актиномицетов скорее всего объясняется тем, что наличие тяжелых металлов в осадках сточных вод, используемых в компосте, вызывает перераспределение в структуре микробного сообщества в сторону более устойчивых организмов – микромицетов и актиномицетов, которые являются основными деструкторами сложных биополимеров в почве [12]. Наименьшая численность актиномицетов отмечается в целинной почве.

В почве с внесением мелиоранта увеличивается удельный вес спорообразующих бактерий. Изменение соотношения спороносных и неспороносных бактерий в почве, мелиорированной компостом на основе осадка сточных вод, свидетельствует, с одной стороны, о степени доступности удобрения, а с другой – об изменении глубины минерализационных процессов. Увеличение доли спорообразующих бактерий в два раза по сравнению с контрольными значениями свидетельствует о том, что в процессы трансформации включаются микроорганизмы с более мощным ферментативным аппаратом.

Анализ видового состава бацилл (табл. 3) показал, что в исследуемых почвах встречаются виды, характерные для дерново-подзолистых почв. Значительная доля бацилл (более 60 %) представлена группой *Bacillus cereus*, *B. mycoides*, *B. agglomeratus*, *B. virgulus*. При внесении компоста в составе спорообразующих бактерий увеличивается доля термофильных видов: *B. mesentericus*, *B. subtilis*, *B. megatherium*, *B. idosus* (до 17 %), то есть организмов с более мощным ферментативным аппаратом.

Таблица 3

Видовой состав спорообразующих бактерий (% от общего числа микроорганизмов, выросших на мясо-пептонном агаре + сусло - агар)

Вариант опыта	<i>Bacillus</i>				Σ %	<i>Bacillus</i>				Σ %
	<i>cereus</i>	<i>virgulus</i>	<i>agglomeratus</i>	<i>mycoides</i>		<i>mesentericus</i>	<i>idosus</i>	<i>subtilis</i>	<i>megatherium</i>	
Контроль	28	7	18	3	56	2	2	2	2	8
Почва, модифицированная НОУ	33	12	20	3	68	4	4	5	4	17
Целинная почва	10	3	12	13	38	1	1	1	1	4

Распространение и активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов связаны с наличием минерального азота, т.е. их распространение характеризует обеспеченность почвы азотным питанием высших растений. В структуре целлюлозоразрушающих микроорганизмов контрольной почвы преобладают актиномицеты. Внесение компостированного нетрадиционного органического удобрения на основе осадков сточных вод несколько увеличивает долю мицелиальной микрофлоры за счет уменьшения доли актиномицетов.

Важную роль в обогащении почвы азотом играют свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы. Процесс азотфиксации зависит от многих факторов: от наличия микроэлементов, кислотности, влажности и др.; этим объясняется его нестабильность. К числу свободноживущих азотфиксаторов относятся бактерии рода *Azotobacter*, наличие которого является индикатором благоприятных свойств почвы. Установлено снижение численности азотобактера в почве с внесением осадков сточных вод. Согласно данным Me Grath [13], почвенные процессы, осуществляемые широким спектром разнообразных микроорганизмов, в частности минерализации органического вещества, не подвержены значительному воздействию умеренных количеств таких токсичных соединений, как тяжелые металлы. Напротив, такие процессы, как азотфиксация и нитрификация, возбудителями которых являются более узкие группы микроорганизмов, наиболее чувствительны к неблагоприятному воздействию тяжелых металлов, поэтому указанный параметр может быть полезным показателем в системе почвенного мониторинга.

Относительно немного в почве, мелиорированной компостом на основе осадков сточных вод, дрожжей. Из типичных почвенных обитателей наиболее часто встречаются липомицеты, использующие углеродные субстраты путем прямого окисления с помощью гидролитических ферментов. Они расщепляют полисахариды и сложные соединения гетероциклического строения. Снижение численности дрожжей в почве опытного варианта объясняется тем, что большинство из них являются азотфиксирующими микроорганизмами.

Таким образом, почвенная биота исследуемых почв включает различные группы микроорганизмов, как активно функционирующие (аммонификаторы, аминоавтотрофы и др.), так и пассивные, что в свою очередь обуславливает поддержание гомеостатического состояния почв.

Изучение видового разнообразия является основой для исследования процессов формирования и функционирования биоценозов. Анализ таксономической структуры микробных сообществ исследованных почвенных проб показал, что в бактериальном комплексе почв с внесением компоста на основе осадка сточных вод ведущее место занимают аспорогенные формы бактерий родов: *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, *Bacillus*, *Proteus*, *Mycobacterium*. Присутствие рода *Proteus* указывает на наличие органики животного происхождения. Спорообразующие бактерии представлены в основном видами: *Bacillus cereus*, *Bacillus agglomeratus*, *Bacillus asterosporus*. Реже встречаются виды: *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus megatherium*. Снижена численность *Bacillus mycoides*, что свидетельствует об усилении минерализационных процессов органического вещества в почве.

Из актиномицетов в почве опытного варианта встречаются роды: *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptoverticillium* и олигоспоровые актиномицеты. В стрептомицетном комплексе обнаружены виды секции *Cinereus* серий *Chromogenes*, *Aureus*, *Achromogenes* и секции *Helvo-Flavus* *Flavus*.

Родовой состав почвенных дрожжей представлен: *Lipomyces*, *Torula Pers.*, *Candida Berhout*, *Cryptococcus Kutz.*, *Nadsonia Sydow*.

Свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы представлены родом *Azotobacter*, а также дрожжами рода *Lipomyces*, также обладающими азотфиксирующей активностью.

Целлюлозоразрушающий комплекс микроорганизмов представлен микроскопическими грибами родов: *Penicillium Link ex Fries*, *Trichoderma Persoon ex Fries*, *Trichothecium Link ex Fries*; вибрионами – *Vibrio*, *Cellvibrio*; бактериями – *Cytophaga*, *Cellulomonas*, *Bacillus*, *Pseudomonas*.

Наибольшее видовое разнообразие микромицетов отмечается в почве лесного фитоценоза и в почве с внесением нетрадиционного органического удобрения – 23 и 26 видов, соответственно. Наиболее бедный видовой состав представлен в контрольной почве – 15 видов микроскопических грибов. Среди выявленных видов грибов преобладают представители несовершенных гифомицетов и порядка *Mucorales*.

Доминирующими видами микоценоза целинной почвы, выявляемыми с высокой частотой встречаемости (50–100 %), являются: *Mortirella alpine Pyeronel*, *M. marburgensis Linnemann*, *Mucor hiemalis Wehmer*, *Zygorhynchus moelleri Vuill*, *Penicillium tardum Gilman et Abbott*, *P. aurantio-griseum Dierckx*, *P. decumbens Thom*, *P. simplicissimum Thom*, *P. frequentans Westl*, *Chrysosporium pannorum Link*, *Trichoderma lignorum (Tode) Harz*, *Tr. koningii Oudem*.

В почве контрольного варианта доминируют: *Penicillium decumbens Thom*, *P. restrictum Gilman et Abbott*. С высокой частотой встречаемости выявляются также: *Fusarium sambucinum Fuckel*, *F. sporotrichiella Bilai*, *Trichoderma album Preuss*, *Sepedonium chrysospermum (Bulliard) Fries*.

Внесение компоста на основе осадка сточных вод способствует увеличению видового разнообразия микромицетов по сравнению с контрольной почвой. При этом увеличивается частота встречаемости и число видов грибов целлюлозоразрушителей, таких как: *Trichoderma lignorum (Tode) Harz*, *Trichoderma koningii Oudem*, *Alternaria alternata (Fr.) Keissler*, *Trichothecium roseum Link*, *Myrothecium verrucaria Dilmar ex Fries*, *Stachybotrys alternans Bonorden*, *Verticillium cellulosa Daszewska*, *Stemphylium verruculosum Saccardo* и т. д. Уменьшается встречаемость некоторых видов порядка *Mucorales*: родов *Mucor Mich.*, *Mortirella Coem* и рода *Cylindrocarpon Wr.*; *Booth*. В почве с посевом овса и гороха увеличивается видовое разнообразие представителей рода *Fusarium Link* и *Gliocladium Corda*, практически не встречающихся в почве смешанного леса: *Fusarium oxysporum (Schlecht) Snyd. et Hans*, *F. oxysporum var. orthoceras (App. et Wr.) Bilai*, *F. solani (Mart.) App. et Wr*, *F. sambucinum Fuckel*, *F. gibbosum App. et Wr. emend. Bilai*, *F. gibbosum var. acuminatum (Ell. et Ev.) Bilai*, *F. avenacium (Fr) Sacc*, *F. culmorum (Sm.) Sacc*, *Gliocladium roseum (Link) Bain*, *G. varians Pidopl*.

Анализ результатов полевых экспериментов по оценке биологической активности почвы аппликационными методами показал, что применяемый на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве мелиорант не оказывает существенного влияния на аммонифицирующую и протеазную активность. В почве, модифицированной нетрадиционным органическим удобрением, увеличивается целлюлозоразрушающая активность почвы, по сравнению с целинной почвой (табл. 4).

Подсчет индекса токсичности оцениваемого фактора по параметрам биологической активности свидетельствует об отсутствии негативного влияния внесенного мелиоранта. Индекс токсичности варьирует от значений, соответствующих норме, до значений стимуляции. Исключение составляет протеазная активность, где индекс токсичности соответствует значениям слабой токсичности [14], что, вероятно, обусловлено увеличением численности спорогенных форм бактерий и актиномицетов.

Таблица 4

Биологическая активность почвы на объекте исследований

Вариант опыта	Биологическая активность почвы		
	Целлюлозоразрушающая активность	Аммонифицирующая активность	Протеазная активность
Контроль	40,75	7,0	1,42
Почва, модифицированная НОУ	37,76 (ИТФ**=0,92)	7,33 (ИТФ=1,05)	1,21 (ИТФ=0,85)
Целинная почва (лес)	15,26	7,67	1,14
НСР ₀₅	11,79	-*	-*

Примечание: * – различия на 5% -ом уровне значимости не достоверны; ** – индекс токсичности фактора.

Выводы. Внесение нетрадиционного органического удобрения в дерново-подзолистую легкосуглинистую почву на первом этапе мелиорации активизирует почвенно-микробиологические процессы, в том числе и процессы минерализации органических веществ, что способствует накоплению элементов питания для растений. Кроме того, внесение мелиоранта увеличивает видовое разнообразие микроорганизмов различных таксономических групп, что повышает устойчивость микробного комплекса почвы к антропогенному воздействию. Однако использование компоста на основе осадков сточных вод вызывает перераспределение в структуре микробного сообщества в сторону более устойчивых организмов – спорогенных и мицелиальных форм микроорганизмов, которые являются основными деструкторами сложных биополимеров в почве и могут увеличивать ее токсичность, а также снижает активность азотфиксации.

Таким образом, в связи с трансформацией микробного сообщества, влекущей за собой разнонаправленные процессы, применение нетрадиционных удобрений должно сопровождаться созданием системы мониторинга состояния модифицированных почв.

Список литературы

1. Коваленко, В. С. Рекультивация нарушенных земель на карьерах: Учеб. пособие / В.С. Коваленко, Р. М. Штейнцга, Т. В. Голик. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2008. – 65 с.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
3. Методы стационарного изучения почв / Под ред. А. А. Роде. – М.: Наука, 1977. – С. 277-280.
4. Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06). Токсикологические методы. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus. – Красноярск: Изд-во Красноярского государственного университета, 2006. – 46 с.

References

1. Kovalenko V. S., Shteyntsag R. M., Golik T.V. Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' na kar'erakh: Ucheb.posobie [Recultivation of disturbed deposit soils: training manual]. M.: Publishing house of the Moscow State Mining University, 2008. 65 p.
2. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry: training manual]. edited by D. G. Zvyagintsev. M.: Moscow State University publishing house, 1991. 304 p.
3. Metody statsionarnogo izucheniya pochv [Methods of indoor soils research]. edited by A.A.Rode. M.: Nauka, 1977. P. 277-280.
4. Prirodookhrannye normativnye dokumenty federativnye – PND F T 14.1:2:4.12-06 (PND F T 16.1:2:3:3.9-06). Toksikologicheskie metody. Metodika opredeleniya toksichnosti vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov, pit'evoy, stochnoy i prirodnoy vody po smertnosti test-ob"ekta *Daphniamagna* Straus [Nature protection normative documents federative – PND of F T 14.1:2:4.12-06 (PND of F T 16.1:2:3:3.9-06). Toxicological methods. Method of toxicity test of water ex-

5. Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.8-04). Токсикологические методы. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолуминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». – М.: ООО НЦ «Экологическая перспектива», 2007. – 16 с.

6. Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.7-04). Токсикологические методы. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). – Красноярск: Изд-во Красноярского государственного университета, 2007. – 36 с.

7. *Теппер, Е. З.* Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

8. *Ramirez, C.* Manual and atlas of the Penicillia / C. Ramirez. – Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. – 874 p.

9. *Литвинов, М. А.* Определитель микроскопических почвенных грибов / М. А. Литвинов. – Л.: Наука, 1977. – 303 с.

10. Определитель бактерий Берджи: В 2 т. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. – М.: Мир, 1997. – 800 с.

11. *Debosz, K.* Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties / K. Debosz, S. O. Peterson, L. K. Kure, P. Ambus // Applied Soil Ecology. – 2002. – Vol. 19. – P. 237-248.

12. *Giller, K. E.* Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review / K. E. Giller, E. Witter, S. P. McGrath // Soil Biol. and Bioch. – 1998. – Vol. 10/11. – P. 1389-1414.

tracts from soils, precipitation of sewage and waste, drinking, waste and natural water based on mortality of *Daphnia magna* Straus test object.]. Krasnoyarsk: Publishing house of Krasnoyarsk State University, 2006. 46 p.

5. Prirodookhrannye normativnye dokumenty federativnye – PND F T 14.1:2:3:4.11-04 (PND F T 16.1:2:3:3.8-04). Toksikologicheskie metody. Metodika opredeleniya toksichnosti vody i vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov po izmeneniyu intensivnosti bakterial'noy bioluminesstentsii test-sistemoy «Ekolyum» na pribore «Biotoks-10». [Nature protection normative documents federative – PND of F T 14.1:2:3:4.11-04 (PND of F T 16.1:2:3:3.8-04). Toxicological methods. Method of toxicity test of water extracts from soils, precipitation of sewage and waste, drinking, waste and natural water on change of intensity of a bacterial bioluminescence by Ekolyum test system using Biotoks-10 device.]. M.: OOO NTs «Ekologicheskaya perspektiva», 2007. 16 p.

6. Prirodookhrannye normativnye dokumenty federativnye – PND F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND F T 16.1:2:3:3.7-04). Toksikologicheskie metody. Metodika opredeleniya toksichnosti prob poverkhnostnykh presnykh, gruntovykh, pit'evykh, stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov po izmeneniyu opticheskoy plotnosti kul'tury vodorosli khlorella (*Chlorellavulgaris* Beijer) [Nature protection normative documents federative – PND of F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND of F T 16.1:2:3:3.7-04). Toxicological methods. Method of toxicity test water extracts from soils, precipitation of sewage and waste, drinking, waste and natural water on change of optical density of chlorella algae (*Chlorella vulgaris* Beijer)]. – Krasnoyarsk: Publishing house of Krasnoyarsk State University, 2007. 36 p.

7. *Tepper E. Z., Shil'nikova V. K., Pereverzeva G. I.* Praktikum po mikrobiologii [Workshop on microbiology]. M.: Drofa, 2004. 256 p.

8. *Ramirez C.* Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. – 874 p.

9. *Litvinov M. A.* Opredelitel' mikroskopicheskikh pochvennykh gribov [Indicator of microscopic soil fungi]. L.: Nauka, 1977. 303 p.

10. Opredelitel' bakteriy Berdzhii: V 2 t. [Bergey's manual: In 2 vol] edited by J. Hoult, N. Kriga, P. Snita, et al. M.: Mir, 1997. 800 p.

11. *Debosz K., Peterson S. O., Kure L. K., Ambus P.* Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology. 2002. Vol. 19. P. 237-248.

12. *Giller K. E., Witter E., S. P. McGrath.* Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. Soil Biol. and Bioch. 1998. Vol. 10/11. P. 1389-1414.

13. *McGrath, S. P.* Long-term effects of metal in sewage sludge on soils, microorganisms and plants / S. P. McGrath, A. M. Chaudri, K. E. Gillr // J. Industrial Microbiology. – 1995. – Vol. 14. – P. 94-104.

14. *Кабилов, Р. Р.* Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р. Р. Кабилов., А. Р. Санитова, Н. В. Суханова // Экология. – 1997. – № 6. – С. 411.

13. *McGrath S. P., Chaudri A. M., Gillr K. E.* Long-term effects of metal in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. J. Industrial Microbiology. 1995. Vol. 14. P. 94-104.

14. *Kabirov R. R., Sanitova A. R., Sukhanova N.V.* Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoy test-sistemy dlya otsenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoy territorii [Development and use of multicomponent test system for toxicity assessment of soil in urban area]. Ekologiya [Ecology]. 1997. No 6. P. 411.

Статья поступила в редакцию 18.09.12.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (ГК № 16.552.11.7050 от 29 июля 2011 г. и № 16.552.11.7089 от 12 июля 2012 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «ПГТУ».

ГОРДЕЕВА Татьяна Харитоновна – кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – экология, почвенная микробиология, биоразнообразие. Автор 90 публикаций.

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

МАЛЮТА Ольга Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – биотестирование и биоиндикация объектов окружающей среды, экологический мониторинг. Автор 63 публикаций.

E-mail: olgamal@mail.ru

ГАВРИЦКОВА Наталия Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – исследование в области микологии и фитопатологии. Автор 70 публикаций.

E-mail: vault13333@rambler.ru

GORDEYEVA Tatyana Haritonovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Landscape Design, Botany and Dendrology Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – ecology, soil microbiology, biodiversity. Author of 90 publications.

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

MALYUTA Olga Vasilyevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Ecology, Soil Science and Nature Management Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – biotesting and bioindication of objects, environmental monitoring. Author of 63 publications.

E-mail: olgamal@mail.ru

GAVRITSKOVA Natalia Nikolaevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Soil Science and Nature Management Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – mycology and phytopathology. Author of 70 publications.

E-mail: vault13333@rambler.ru

T. K. Gordeeva, O. V. Malyuta, N. N. Gavritskova

MICROBIOLOGICAL INDICATION OF SOIL ECOLOGICAL CONDITIONS WHEN USING ALTERNATIVE AMELIORANTS

Key words: soil ameliorants; biological activity; microbiocenosis; environmental quality.

The research was conducted in Kokshaisk forest area, meant for a new arboretum of the Mari El Republic. The soil of the experimental plot is sod, mesopodzol, light loamy, developed from mantle loams. Alternative organic manure (AOM) on the basis of waste water mud and sawdust of conifers and broadleaved trees with 3 years composting duration was used in the experiment in a dose of 120 t/ha. The proportion of mud to filler is 1.4:1. The control was the option without ameliorant application. The virgin soil (forest), surrounding the arboretum, was tested as ecological control.

Biological activity of the soil was defined using application methods. The toxic level of the soil ameliorant was evaluated through toxicological testing using three test-organisms: daphnia (*Daphniamagna* Straus), *Ecolum* luminescent bacteria and *Chlorella* (Algae) (*Chlorellavulgaris*-Beijer). Recovery and census of microorganisms was performed using conventional microbiological methods.

It has been concluded that alternative organic manure, which is used in the experiment, is characterized by 4 grade hypotoxicity hazard category for the environment. Microbiological analysis showed that the bacterial complex with the population about 4.5 – 17.7 mln. cfu/gm of moisture-free soil is dominant in the micro flora of the soils under study. Micromycete population is insignificant, it ranges from 85.0 thousand cfu/gm of moisture-free soil and lower. The analysis of the population of main physiological groups of micro-organisms showed that the use of compost on the basis of waste water mud increases the heterotrophic microorganism population in comparison with the heterotrophic microorganism population in nonfertilized soil. The use of AOM increases the number of ammonifiers, their spores, aminoautotrophs, actinomycetes, it is indicative of enhancement of mineralization processes in soil. Relative index of the soil biogenicity, reflecting the proportion of bacteria number and fungus number, is varying over a rather wide range: from 78.82 (virgin soil) to 193.75 (manured soil) and is located in the following manner in order of reduction of biogenicity index: forest < control < ameliorant. The rate of mycelial microflora in the structure of cellulose-digesting microorganisms is increasing. It has been concluded that the number of azotobacters and yeasts reduced in soil with ameliorant. The use of compost on the basis of waste water mud increases the species diversity of micromycetes in comparison with the species diversity of micromycetes in the control soil. Thus the frequency of occurrence and the number of different kinds of cellulose-digesting fungi is increasing. The cellulose-digesting soil activity, treated with alternative organic manure, is increasing, in comparison with the activity of the virgin soil.

As it can be seen from the above the use of alternative organic manure for sod, mesopodzol, light loamy soil at the first stage of amelioration activates microbiological processes of soil, including the processes of organic matter decomposition that helps to accumulate fertilizer elements for plants.

УДК 628.16

Н. Н. Журкин, С. Я. Алибеков

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Проанализирована специфика условий работы фильтров для предварительной очистки сточных вод. Предложена новая конструкция механического ступенчатого фильтра, описан принцип его работы, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: *очистка сточных вод; загрязняющие примеси; зернистые фильтры; очистные сооружения; механическая очистка; ступенчатые пластины; величина прозора; кривошипно-шатунный механизм; цепная передача.*

Введение. Именно сейчас, когда темпы роста водопотребления огромны [1], когда некоторые страны уже испытывают острый дефицит пресной воды, а количество чистой природной воды ежегодно уменьшается, особенно остро стоит вопрос снижения загрязнения пресной воды и очистки сточных вод [2].

В настоящее время из-за кризиса в промышленности в сточных водах города Йошкар-Олы мало загрязняющих веществ 1 и 2 классов – особо опасные и опасные, а содержатся в основном загрязняющие вещества 3 – умеренно опасные и 4 – малоопасные.

Из всего многообразия методов очистки сточных вод на территории Республики Марий Эл в основном используются механические – основанные на процедурах процеживания, фильтрования, отстаивания и инерционного разделения. При их дешевизне они позволяют отделять нерастворимые загрязняющие примеси.

Химические методы применяются на промышленных предприятиях нашей республики для выделения из сточных вод растворимых неорганических примесей. При обработке сточных вод известковыми растворами происходит, в основном, их нейтрализация, частичное обесцвечивание и обезвреживание.

Сточные воды промышленных предприятий города и хозяйственно-коммунальные поступают на очистные сооружения МУП города Йошкар-Олы. На очистных сооружениях после предварительной механической обработки сточных вод применяют биологический метод, в основе которого лежит использование микроорганизмов, поглощающих загрязнителей сточных вод. Применяются биологические пруды с населяющими их микроорганизмами, аэротенки с активным илом из бактерий и микроорганизмов.

Одним из основных направлений работы по охране водных ресурсов является переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах [3,4]. Существенное влияние на степень очистки сточных вод может оказать предварительная механическая обработка.

Целью данной работы является разработка конструкции и описание принципов работы устройства для механической очистки сточных вод. Для этого поставлена следующая **задача:** увеличить степень механической очистки сточных вод, повысить надежность и долговечность устройств как предварительной, так и последующей обработки сточных вод, снизить энергозатраты.

Пути решения поставленной задачи. При большом содержании в воде грубодисперсных взвесей, в частности при очистке промышленных и коммунальных сточных вод, загрязненных частицами песка, породы, руды, ржавчины или нерудных ископаемых, кристаллами гипса и т.д., первой стадией осветления воды является отделение таких взвешенных частиц в механических фильтрах. Этот процесс осуществляется путем пропуска воды через слой малозернистого фильтрующего материала определенной высоты в специальных сооружениях. Эффект фильтрования при этом зависит от количества и размеров взвешенных в воде примесей, величины зерен фильтрующей среды и скорости фильтрования, а для коагулированных загрязнений также от прочности образующихся агрегатов [5].

Скорые фильтры могут использоваться для очистки сточных вод с предварительным ее осветлением и без осветления (прямоточные фильтры). В зависимости от способа создания напора, необходимого для преодоления сопротивления в фильтрующем слое, различают фильтры открытые самотечные (безнапорные), в которых создается перепад давления за счет разности уровней воды на фильтре и в резервуаре чистой воды, и напорные, работающие под давлением, создаваемым насосом.

Нами разработан и изготовлен открытый самотечный безмешалочный скорый фильтр (рис. 1) [6–7]. Он представляет собой конструкцию со ступенчатыми пластинами, изготовленными из нержавеющей стали. Пластины толщиной 2 мм, шириной 20 мм и прозорами между пластинами 2 мм собраны в пакеты. Ширина пакета составляет 330 мм. Пакеты из пластин смонтированы в стальной каркас. Пластинчатый фильтр для предварительной очистки сточных вод установлен непосредственно перед оборудованием механического обезвоживания на очистных сооружениях МУП г. Йошкар-Олы.

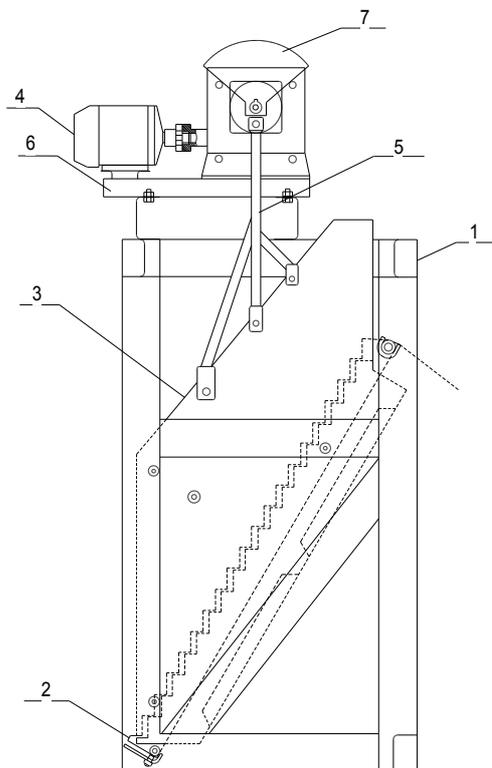


Рис. 1. Устройство для очистки воды от механических примесей: 1 – рама решетки; 2 – пакет неподвижных пластин; 3 – пакет подвижных пластин; 4 – электродвигатель; 5 – кривошипно-шатунный механизм; 6 – верхняя платформа; 7 – противовес

Набор состоит из пакета неподвижных пластин, закрепленных на раме решетки и пакета подвижных пластин, совершающих плоскопараллельное движение относительно неподвижных пластин.

Пакет подвижных пластин приводится в движение электродвигателем, установленным на верхней платформе каркаса. Движение от электродвигателя к пластинам передается при помощи кривошипно-шатунного механизма. Кривошипно-шатунный механизм обеспечивает плавное бесшумное движение пакета подвижных пластин. При использовании данного вида передачи движения увеличивается срок службы механического фильтра по сравнению с цепным видом передачи, а входящий в конструкцию кривошипно-шатунного механизма противовес снижает энергозатраты. Цепная передача шумная, цепь со временем провисает и быстро изнаши-

ваются зубчатые колеса и уменьшается плавность хода, что не маловажно при данном способе очистки сточных вод. При плавном ходе подвижных пластин задержанные загрязняющие примеси не проваливаются со ступеней пластинчатого фильтра и редко попадают в прозоры между пластинами.

Принцип действия решетчатого, ступенчатого фильтра состоит в фильтрации сточных вод через набор ступенчатых пластин (рис.2).

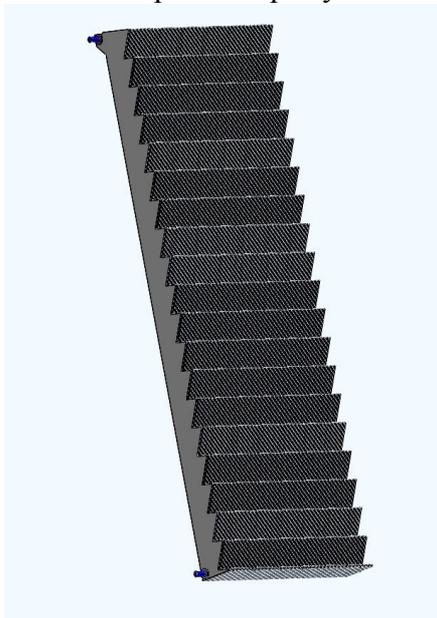


Рис.2. Пакет неподвижных пластин

Известно, что у всех зернистых фильтров имеется дренажная система для сбора фильтрованной воды и равномерного распределения промывной воды. В верхней части у них закреплены желоба для сбора грязной промывной воды, по ним же подводится осветляемая вода из отстойников или осветлителей. Вдоль фильтра размещается арматура управления, обеспечивающая подвод воды, отвод фильтрата, сброс воды из фильтра в сток, подачу промывной воды, сброс воды после промывки фильтрующего слоя в сток. Кроме того, предусматривается регулятор скорости фильтрации или расходомер для фильтрата с регулятором. Скорость воды в подводящих трубах и каналах должна быть равна 0,8–12 м/сек. Высоту слоя воды под нагрузкой фильтра принимают равной не менее 2 м.

Результаты исследования и их обсуждение.

При использовании ступенчатых пластинчатых фильтров отпадает необходимость использования зернистых фильтров, нет необходимости распределения промывной воды, создания дренажной системы и использования огромного количества арматуры. Резко уменьшаются площади фильтровальных участков при очистке сточных вод, тогда как на крупных станциях обработки воды площадь каждого из фильтров может достигать 100–120 м².

Суммарную площадь скорых фильтров F в м² рассчитывают по формуле

$$F = \frac{Q}{Tv - 3,6nwt_1 - nt_2v}, \quad (1)$$

где Q – полная производительность станции, м³/сутки; T – время работы станции в течение суток, ч; v – расчетная скорость фильтрации при нормальном режиме, м/ч (10–12); n – число промывок каждого фильтра в сутки (при нормальном режиме эксплуатации принимается не более 2–3); w – интенсивность промывки, л/сек·м² (принимается 12–15 л/сек·м² согласно СНИП II-Г.3); t_1 – продолжительность промывки фильтра (3–4 ч); t_2 – время простоя фильтра в связи с промывкой, ч (принимается для однопоточных 0,3–0,5 ч).

Как видно из формулы (1), при использовании ступенчатых фильтров из технологической схемы очистки сточных вод на механических фильтрах отпадают следующие стадии промывки: интенсивность промывки, продолжительность промывки и простой фильтра, поэтому формулу скорых фильтров можно записать в следующем виде:

$$F = \frac{Q}{v(T-1)}. \quad (2)$$

Число фильтров N на станции определяют на основании экономических расчетов и удобства обслуживания. Ориентировочно оно может быть подсчитано по формуле

$$N = \frac{1}{2\sqrt{F}}. \quad (3)$$

Количество фильтров на станции обработки воды рекомендуется принимать не менее четырех. Однако в нашем случае, так как скорый фильтр и скорость течения сточных вод через фильтры меняется незначительно, то их количество можно уменьшить до двух. При выборе количества фильтров на станции необходимо произвести проверку скорости фильтрования при форсированном режиме, $v_{p.ф.}$ в м/ч, величина которой не должна превышать допустимой величины 10–12 м/ч. Она вычисляется по формуле

$$v_{p.ф.} = \frac{N}{N - N_1} \cdot v, \quad (4)$$

где N_1 – количество фильтров, находящихся в ремонте.

На очистных сооружениях установлены четыре фильтра. Они работают попарно.

Чтобы задержанные примеси удерживались на ступенях фильтрующих пластин, они выполнены под небольшим уклоном до 15–17°. Собранные загрязняющие примеси, поднимаясь по ступенькам, попадают в накопитель, затем они собираются и вывозятся на полигон твердых отходов.

Преимуществом данных механических фильтров является: простота, незасоряемость, долговечность, уменьшение трудозатрат при обслуживании, на очистных сооружениях нет необходимости перед фильтрами сооружать отстойники или дополнительные емкости. Их можно устанавливать на всех существующих станциях очистки сточных вод, желательнее перед существующими зернистыми фильтрами. При этом повышается степень очистки сточных вод в 2–4 раза и увеличивается срок службы зернистых фильтров в 2–3 раза, установленных после пластинчатых фильтров.

Очищенная от механических загрязнений сточная вода поступает на следующие стадии обработки, то есть в аэротенки для дальнейшей биологической очистки.

При плохой механической очистке сточных вод в аэротенках осаждаются грубые примеси. Они частично забивают диффузоры для подачи воздуха, подвергаясь гниению (загрязнения органического происхождения), выделяют неприятный запах. Механические примеси, осаждаясь на поверхности активного ила, уменьшают биологическую активность и увеличивают расход воздуха при барбатировании активного ила воздухом.

Заключение. Таким образом, разработанный нами пластинчатый фильтр механической очистки сточных вод позволяет интенсифицировать процесс механической очистки. Благодаря прозору между пластинами в 2 мм, фильтрующее полотно не забивается и эффективно удаляет механические загрязнения из сточных вод. Разработанная конструкция кривошипно-шатунного привода позволяет снизить энергозатраты, шумность, трудоемкость и повышает надежность и долговечность механического пластинчатого фильтра в 2–4 раза. Пластинчатый механический фильтр позволяет уменьшить время очистки на 20–30 %, экономить материалы для зернистых фильтров и уменьшает площади очистных сооружений.

Список литературы

1. Жумартов, Е.Б. Современное состояние водоснабжения и канализования населенных мест Республики Казахстан / Е.Б. Жумартов // Вода. Технология и экология. – 2010. – №3. – С.52-61.

References

1. Zhumartov E.B. Sovremennoe sostoyanie vodosnabzheniya i kanalizovaniya naseleennykh mest Respubliki Kazakhstan [Contemporary condition of water supply and sewage handling of the residential areas of Republic of Kazakhstan] Voda. Tekhnologiya i ekologiya [Water. Technology and Ecology]. 2010. No 3. P.52-61.

2. *Свергузова, С.В.* Эффективная очистка сточных вод как фактор экологической безопасности жизнедеятельности / С.В. Свергузова, Ж.А. Свергузова, Г.И. Тарасова // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – №8. – С.36-38.

3. *Сафарова, В.И.* Анализ технологических решений по очистке сточных вод горно-обогатительных комбинатов / В.И. Сафарова, Г.Ф. Шайдулина, Н.Н. Красногорская и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – №7. – С.43-48.

4. *Буженин, В.В.* Очистка производственных сточных вод от загрязняющих примесей / В.В. Буженин // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 2. – С.15-20.

5. *Журкин Н.Н.* Очистка воды от механических примесей / Н.Н.Журкин // Материалы международной научной студенческой конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С.253-254.

6. Пат. 99724 РФ, МПК В01D 41/00. Устройство для очистки воды от механических примесей / Журкин Н.Н., Алибеков С.Я., Батыршин Р.Т. – RU № 2010120861/05; Заявлено 24.05.2010; опубл. 27.11.2010, Бюл. № 33.

7. *Журкин Н.Н.* Конструктивные особенности механического фильтра / Н.Н. Журкин // Научному прогрессу – творчество молодых: Материалы международной молодежной научной конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – С.250-251.

2. *Svergzova S.V., Svergzova Zh.A., Tarasova G.I.* Effektivnaya ochestka stochnykh vod kak faktor ekologicheskoy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti [Effective sewage treatment as a factor of ecological safety]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Health and safety]. 2010. No 8. P. 36-38.

3. *Safarova V.I., Shaydulina G.F., Krasnogorskaya N.N. et al.* Analiz tekhnologicheskikh resheniy po ochestke stochnykh vod gorno-obogatitel'nykh kombinatov [Analysis of technological decisions on sewage treatment of mining and processing enterprises]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Health and safety]. 2009. No 7. P. 43-48.

4. *Buzhenin V.V.* Ochestka proizvodstvennykh stochnykh vod ot zagryaznyayushchikh primesey [Industrial sewage purification from polluting impurities]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Health and safety]. 2010. No 2. P.15-20.

5. *Zhurkin N.N.* Ochestka vody ot mekhanicheskikh primesey [Water purification from mechanical impurities]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy studencheskoy konferentsii po estestvenno-nauchnym i tekhnicheskim distsiplinam* [Materials of the international scientific student's conference on natural-science and technical disciplines]. *Yoshkar-Ola: MarGTU*, 2009. P. 253-254.

6. *Zhurkin N.N., Alibekov S.Ya., Batyrshin R.T.* Ustroystvo dlya ochestki vody ot mekhanicheskikh primesey [Device for water purification from mechanical Impurities]. Patent RF, no 2010120861/05; 2010.

7. *Zhurkin N.N.* Konstruktivnye osobennosti mekhanicheskogo fil'tra [Design features of the mechanical filter]. *Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh: Materialy mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii po estestvenno-nauchnym i tekhnicheskim distsiplinam* [Scientific progress is propelled by the creativity of the young: Materials of the international youth scientific conference on natural-science and technical disciplines]. *Yoshkar-Ola: MarGTU*, 2010. P.250-251.

Статья поступила в редакцию 28.10.11.

Публикуется при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.»). Грант № 7393Р_10235 от 30.11.2009 года.

ЖУРКИН Николай Николаевич – аспирант кафедры машиностроения и материаловедения, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – разработка конструкции фильтра для механической очистки сточных вод. Автор четырех публикаций и одного патента.

E-mail: nikolasy@mail.ru

АЛИБЕКОВ Сергей Якубович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машиностроения и материаловедения, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – разработка технологии и модернизация способов очистки сточных вод. Автор более 150 публикаций.

E-mail: mim@volgatech.net

ZHURKIN Nikolay Nikolaevich – Graduate student of Mechanical Engineering and Materials Science Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – development of filter for mechanical sewage treatment. Author of four publications and one patent.

E-mail: nikolasy@mail.ru

ALIBEKOV Sergey Yakubovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Mechanical Engineering and Materials Science Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – development of technology and modernization of ways of sewage treatment. Author more than 150 publications.

E-mail: mim@volgatech.net

N. N. Zhurkin, S. Y. Alibekov

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PURIFICATION OF SEWAGE WATER

Key words: *purification of sewage water; contaminating impurities; granular-bed filters; treatment facilities; mechanical purification; step plates; space size; cranking mechanism; chain drive.*

At present there are few highly hazardous and hazardous contaminants in Yoshkar-Ola sewage waters. The effluent contains mainly moderately hazardous and low-hazardous contaminants.

The mechanical methods are generally used for purification of sewage water on the territory of Mari El Republic – they are based on procedures of screening, filtering, clarification and inertial separation. Being very cheap, these methods enable to separate insoluble contaminants. Mechanical pre-treatment can greatly influence the degree of purification of sewage waters.

The aim of this work is the development of design and description of operating principal of the equipment for mechanical purification of sewage water based on improvement the degree of mechanical purification of sewage water, increase of reliability and durability of the equipment of preliminary and, subsequent treatment of sewage water, energy cost reduction.

The authors developed and made open gravity high capacity filter of non-agitated type. It represents the construction with stainless steel step plates. Plate filter for preliminary treatment of sewage water is installed immediately in front of mechanical dewatering equipment of treatment facilities of municipal unitary enterprise of Yoshkar-Ola.

The operating principle of the step screen is filtration of sewage water using a set of step plates. The advantage of these mechanical filters is their simplicity, clog resistance, durability, low maintenance efforts, there is no need to install clarifiers or additional tanks in front of filters in treatment facilities. They can be installed in all existing sewage plants, preferably, in front of existing granular-bed filters. It increases the degree of sewage water treatment by 2–4 times and the durability of granular-bed filters, installed behind plate filters by 2–3 times.

Mechanically purified sewage water flows to the next treatment stages, namely to aerotanks for further biological purification.

Developed plate filter of mechanical purification of sewage water enables to intensify the mechanical treatment process. Due to the space between plates 2 mm in size, filter blade is not clogged and efficiently removes mechanical pollution from sewage water. Developed design of cranking mechanism of the drive enables to reduce energy demands, noise, labour requirement and increases reliability and durability of mechanical plate filter by 2-4 times. Mechanical plate filter enables to reduce purification duration by 20–30 %, to save materials for granular-bed filters and to lower floor space of treatment facilities.

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

УДК 630*181.28:630*166.1(049.32)

**КНИГА О КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ
В ЛЕСНОМ СРЕДНЕМ ЗАВОЛЖЬЕ**

Рецензия на книгу:

Калинин, К.К. Крупные лесные пожары в лесном среднем Заволжье и система лесохозяйственных мероприятий по ликвидации их последствий: монография / К.К. Калинин. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – 364 с.

Специалисты в области лесного хозяйства имеют возможность ознакомиться с книгой доктора сельскохозяйственных наук, профессора кафедры лесоводства Поволжского государственного технологического университета Калинина Константина Константиновича.

В монографии подведены итоги исследований формирования насаждений на известных в Поволжье крупных горях 1972 года. Охарактеризованы природные и лесопитологические особенности лесного среднего Заволжья, описан характер поврежденных насаждений пожарами 1972 года. Автор сравнивает по литературным данным характеристики и последствия крупных пожаров 1921 и 1972 годов. К сожалению, в данную работу не вошли материалы исследований крупных гарей этого же региона после пожаров 2010 года.

Автором совместно с коллегами и студентами лесохозяйственного факультета ПГТУ на основе 40-летнего мониторинга лесных фитоценозов на стационарных пробных площадях выявлена роль лесных пожаров в количественных и качественных изменениях растительных компонентов: древостоя, живого напочвенного покрова, подлеска, подроста на горях сосновых, еловых и березовых формаций.

В монографии рассмотрены вопросы послепожарного отпада поврежденных огнем деревьев, изменения состояния и товарности древостоев, динамика восстановления живого напочвенного покрова и подлеска после пожаров различной интенсивности.

Естественное возобновление леса на горях рассматривается в монографии особенно тщательно – от начального его этапа до формирования молодняков с оценкой возможных смен пород и продуктивности будущих насаждений. Установлены особенности лесовозобновительного процесса на крупных горях.

Подробно рассмотрены вопросы искусственного восстановления сосны и ели на горях. В условиях лесного среднего Заволжья наилучшим ростом обладали культуры сосны по сплошной обработке почвы. В условиях сухого и свежего бора первоначальная густота должна составлять 8...9 тыс. шт.га⁻¹. Автор отмечает, что «вся сосна (за некоторым исключением) появилась в первые два года после пожара за счет её допожарного плодоношения. В дальнейшем из-за отсутствия источников обсеменения возобновление сосны прервалось. В первые же годы после пожара появилось и основное количество лиственных пород» (с.188). Нужно отметить, что хозяйственные решения по восстановлению леса на горях 2010 года этот момент, как правило, не учитывали.

Автором монографии приведена система лесохозяйственных мероприятий по ликвидации последствий лесных пожаров, ускоренному лесовосстановлению и повышению пожароустойчивости насаждений за счет введения в состав хвойных молодняков трех и более единиц лиственной примеси.

Основным вопросом этого раздела является выбор очередности разработки товарных горельников. Автор указывает на необходимость быстрой вырубке поврежденных пожарами древостоев. Это объясняется быстрой потерей качества древесины. В ельниках и березняках эта рубка должна проводиться в первый год после пожара, в сосняках – на второй год после пожара.

К сожалению, вопрос о четких рекомендациях производству по разработке погибших приспевающих и спелых сосновых древостоев с точки зрения использования имеющегося семенного материала для возобновления сосны на гарях так и остался не решен. Как показал опыт ликвидации последствий пожаров 2010 года, разработка товарных горельников производится хаотично, с удалением верхнего слоя почвы и сжиганием порубочных остатков (вместе с шишками). Тем самым прерывается процесс естественного возобновления сосной гарей в первые два года, как было отмечено выше. Вопрос о наличии жизнеспособных семян в шишках после пожаров был рассмотрен нами при обследовании сосновых горельников 2010 года [1].

Имея в виду концепцию эволюционной роли лесных пожаров в существовании лесов, следует пересмотреть применяемые технологии разработки горелых древостоев сосны. Так, естественное возобновление сосной на гарях 2010 года можно было бы получить, соблюдая технологии рубок с сохранением подроста и обязательным оставлением на пасаках ветвей с шишками (даже почерневшими), в которых, как правило, имеются всхожие семена.

Автором монографии неоправданно допускается выражение «количество естественного возобновления» в применении к количеству подроста. Эта тенденция проявляется, к сожалению, и у других авторов, описывающих процессы лесовосстановления.

В целом профессором К.К. Калининым выполнена весьма значительная работа, обобщающая многолетний и разнообразный материал, важный для лесного хозяйства Среднего Поволжья, периодически становящегося районом крупных лесных пожаров. Монография К.К.Калинина «*Крупные лесные пожары в лесном среднем Заволжье и система лесохозяйственных мероприятий по ликвидации их последствий*», предназначенная для специалистов лесного хозяйства, научных работников и студентов лесохозяйственных факультетов, послужит полноценной основой для дальнейших исследований, обобщений и разработки практических мероприятий в области лесного хозяйства Среднего Поволжья.

1. Денисов, С. А. Проблемы воспроизводства сосновых лесов Среднего Поволжья / С.А. Денисов, К. К. Калинин, В. П. Бессчетнов, Н. В. Демичева, Т. С. Батухтина, В. В. Самоделкина // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – №1. – С. 12-23.

С. А. Денисов

Статья поступила в редакцию 08.11.12.

S. A. Denisov

BOOK OF MAJOR FOREST FIRES FOREST MIDDLE ZAVOLZHJA

Book review:

Kalinin, K.K. Large forest fires in forest middle Volga and system management activities to eliminate their consequences: monograph. Yoshkar-Ola: PGTU, 2012. – 364 p.

The book summarizes 40 years results of studies of the formation of forest after a massive forest fires 1972 in middle Volga. The author presents the characteristics of forests and forest fire hazard problems arising after a forest fire in 1972. The role of forest fires in the quantitative and qualitative changes in plant components based on 40 years of monitoring. The developed system of forest management in the aftermath of forest fires.

ДЕНИСОВ Сергей Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – лесная экология, естественное лесовосстановление, лесоводство. Автор более 120 публикаций.

E-mail: denisovsa@volgatech.net

DENISOV Sergey Alexandrovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Chair of Forestry, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Sphere of scientific interest – forest ecology, natural regeneration, forestry. The author of more than 120 publications.

E-mail: denisovsa@volgatech.net

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. Биотехнологии**» – 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 завершённых исследований авторов, 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).
2. Ключевые слова или словосочетания (не более 10) отделяются друг от друга точкой с запятой.
3. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
4. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1–2 предложения).
5. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
6. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
7. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
8. Интерпретация результатов или их анализ.
9. 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**.

Также необходимо предоставить **авторское резюме** статьи на русском и английском языках (не менее 100–250 слов).

Формулы и отдельные символы набираются с использованием редакторов формул Microsoft Equation или Math Type (не вставлять формулы из пакетов MathCad и MathLab, а также не следует использовать стандартную вставку математических формул или построение собственных формул с помощью библиотеки математических символов).

Иллюстрации. Схемы, графики, диаграммы и т.п. принимаются только в векторных форматах (Word, Excel, Visio, CorelDraw, Adobe Illustrator и др.). Графический материал принимается только в черном-белом изображении, должен быть четким и не требовать перерисовки. Графики должны выделяться линиями разного стиля (**не делать их цветными**) или отмечаться цифрами. Фотографии и скриншоты должны выполняться в растровых форматах (tiff, bmp, png и др.) достаточного расширения (300 dpi) и чёткости.

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 в двух вариантах:

1) на русском;

2) на языке оригинала латинскими буквами (References). Если русскоязычная статья была переведена на английский язык и опубликована в английской версии, то необходимо указывать ссылку из переводного источника. Библиографические описания российских публикаций составляются в следующей последовательности: авторы (транслитерация), перевод названия статьи (монографии) в транслитерированном варианте, перевод названия статьи (монографии) на английский язык в квадратных скобках, название источника (транслитерация, курсив), выходные данные с обозначениями на английском языке.

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;
- рекомендация научного руководителя (для аспирантов и соискателей).

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>