



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

ВЕСТНИК

1(21)
2014

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. А. Шалагина

Подписано в печать 21.03.14.

Формат 60×84¹/₈. Усл. п. л., 11,39

Тираж 500 экз. Заказ

Дата выхода в свет: 30.03.14.

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

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

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 в области геоинформационных систем и дистанционного зондирования (Университет Кембриджа, Великобритания), ассоциат-профессор Университета Аристотеля (Салоники, Греция)

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

Cecil C. Konijnendijk, д-р наук в области лесной политики и экономики (Университет Йюенсуу, Финляндия), профессор (Шведский университет сельскохозяйственных наук)

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

В. С. Сюньёв, 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

(отв. секретарь серии)

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(21)

2014

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

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

Editorial Board:

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

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

Ioannis Gitas, PhD in Geographical Information Systems (GIS) and
Remote Sensing (Cambridge University – UK), Associate Professor
(Saloniki, Greece)

A. S. Isaev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Member of the Rus-
sian Academy of Sciences (Moscow)

Cecil C. Konijnendijk, van den Bosch Doctor in Science in forest
policy and economics from the University of Joensuu (Finland), Profes-
sor (SLU, Sweden)

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

V. S. Syuneyev, 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
(Executive Secretary)

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

© Vestnik of Volga Tech, 2014

Editor T. A. Rybalka

Cover design L. G. Malankina

Computer assisted make up

A. A. Kislitsyn

Translation

M. A. Shalagina

Passed for printing 25.03.14.

format 60×84 1/8. No. of press sheets 11,39.

Printing run 500 copies. Order No

Release date: 30.03.14.

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

А. И. Писаренко. Защитные леса и защитное лесоводство в устойчивом лесопользовании

5

Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова, Е. Н. Демисева. Четыре десятилетия исследований лесов по снимкам Landsat

18

В. В. Пахучий, Л. М. Пахучая. Опыт использования вегетационных индексов при комплексных исследованиях на объектах гидролесомелиорации

33

М. В. Почитаева, М. Д. Ислаев. Повышение эффективности профилактики лесных пожаров

42

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ
ЛЕСНОГО ДЕЛА

С. А. Угрюмов, А. С. Свешников. Оценка адгезионной прочности и межфазного взаимодействия в структуре фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции

53

Д. А. Корепанов, В. Ю. Романов, Е. А. Васенев, С. И. Нигматуллин. Установка для повышения посевных качеств семян длинноволновым ультрафиолетовым облучением

62

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.
БИОТЕХНОЛОГИИ

Д. В. Кочкин, Е. С. Суханова, Р. В. Сергеев, А. М. Носов. Тритерпеновые гликозиды культур клеток *Polyscias* spp.

69

Т. Н. Криворотова, О. В. Шейкина. Генетическая структура лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной в Среднем Поволжье

77

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

И. П. Курненко, В. Л. Черных. Памяти выдающегося учёного лесной науки Павла Максимовича Верхунова (26 мая 1929 – 21 марта 2008)

87

Информация для авторов

96

CONTENTS

FORESTRY

A. I. Pisarenko. Protective forests and protective forestry in sustainable forest management

E. A. Kurbanov, O. N. Vorobyev, A. V. Gubayev, S. A. Lezhnin, Y. A. Polevshikova, E. N. Demisheva. Four decades of forest research with the use of landsat images

V. V. Pakhuchiy, L. M. Pakhuchaya. Experience of vegetation indices use for complex researches on the objects of hydro and forest amelioration

M. V. Pochitaeva, M. D. Iplaev. Efficiency improvement of forest fire control

FORESTRY TECHNOLOGIES
AND MACHINES

S. A. Ugrumov, A. S. Sveshnikov. Evaluation of adhesion strength and interphase interaction in plywood structure with internal layers of wood-adhesive composition

D. A. Korepanov, V. Yu. Romanov, E. A. Vasenev, S. I. Nigmatullin. A device for improvement of sowing qualities of seeds with the help of longwave uv irradiation

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL
NATURE MANAGMENT.
BIOTECHNOLOGIES

D. V. Kochkin, E. S. Sukhanova, R. V. Sergeev, A. M. Nosov. Triterpene glycosides of *Polyscias* spp. cell cultures

T. N. Krivorotova, O. V. Sheikina. Genetic structure of seed orchards and natural stands of *pinus sylvestris* in the Middle Volga region

DATES. EVENTS. COMMENTS

I. P. Kurnenkova, V. L. Chernykh. In memory of outstanding scholar in forestry Pavel Maximovich Verkhunov (26 May 1929 – 21 March 2008)

Information for the authors

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*91

А. И. Писаренко

ЗАЩИТНЫЕ ЛЕСА И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОВОДСТВО В УСТОЙЧИВОМ ЛЕСОУПРАВЛЕНИИ

Рассматриваются исторические этапы полезащитного лесоразведения в России, связанные во многом с деятельностью В. В. Докучаева. Оценивается прошлое и современное состояние защитного лесоразведения и лесоводства с точки зрения экологической и продовольственной безопасности России. Предлагаются подходы к решению назревшей проблемы защитного лесоразведения и лесовосстановления.

Ключевые слова: засухи; сельское хозяйство; лесное хозяйство; защитные леса; полезащитное лесоразведение; деградация земель; экологическая безопасность; продовольственная безопасность России.

Введение. Основная проблема современного лесного хозяйства в мире заключается в оптимальном сочетании экономических, социальных, культурных и экологических целей управления лесами на всех уровнях организации жизни людей. Осознание глобальной экологической роли леса приводит к необходимости перехода от пользования лесом как ресурсом к ответственному управлению лесами, в основе которого лежит экосистемное лесное хозяйство [1]. Сохранять леса, как основу нашей среды обитания, стало гораздо важнее, чем извлекать лесной доход. А это означает, что лесное хозяйство надо рассматривать не только и не столько как средство извлечения лесного дохода, а прежде всего, как способ сохранения эко-

логических и биологических условий нашего существования. При этом планирование ведения лесного хозяйства должно осуществляться в рамках лесных экосистем, когда размеры и протяжённость лесов, степень их освоения и фрагментарности, продолжительность развития и продуктивность, способность поддержания биоразнообразия являются преобладающими критериями, и только потом расчёт пользования лесом с точки зрения изъятия лесных ресурсов.

С учётом происходящих климатических изменений на планете, которые сопровождают, как и прогнозировали специалисты «Межправительственной группы экспертов по климатическим изменениям», усилением экстремальных погод-

© Писаренко А. И., 2014.

Ссылка на статью: Писаренко А. И. Защитные леса и защитное лесоводство в устойчивом лесопользовании // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 5-17.

ных явлений (жара и засуха летом, морозы и снегопады зимой), возрастает роль лесов, в том числе различных защитных, в частности, полезащитных лесопосадок [2].

Целью работы является обзор истории и современного состояния защитного лесоразведения в России.

Исторические предпосылки государственного защитного лесоразведения. Континентальность климата нашей страны определяет высокие температуры лета и меньшее количество летних осадков, чем на тех же широтах в Западной Европе. Следствием континентальности нашего климата является его засушливость и обязательные лесные пожары. Засухи и вызванные ими неурожаи и голод длительное время сопровождали наше развитие на европейской части России. Голод в России 1891–1892 гг., причиной которого была зимне-весенне-летняя засуха, охватил чётко очерченную зону, протянувшуюся с северо-востока Европейской России через Среднее Поволжье на юго-восток до южного Черноземья. Засухи и неурожаи в этих местах не были редкостью, но масштабы 1891 года были катастрофическими. Данные государственной статистики показывали, что неурожаи, вызванные засухой, стали происходить в европейской части России всё чаще. Они случались как в центре России, так и в географически малолесных районах лесостепи и степи юга и юго-востока европейской части России.

Исследованием причин недородов в сельском хозяйстве степной зоны занялся профессор минералогии и геологии В. В. Докучаев. Через год после засухи 1891 года он издал книгу «Наши степи прежде и теперь» [3], где предложил план охраны чернозёмов, включавший в себя создание полезащитных лесных полос, которые в сочетании с инженерными мерами прекращения роста оврагов и балок способствуют защите почв от смыва. Он обосновал целую систему действий для поддержания определённого соотношения

между пашней, лугом и лесом, в том числе с использованием искусственного орошения, для того, чтобы, учитывая климатические особенности России, обеспечить получение устойчивых урожаев зерновых, независимо от чередования засушливых и обычных годов.

В 1892 году В. В. Докучаев добился организации «Особой экспедиции по испытанию и учёту различных способов и приёмов лесного и водного хозяйства в степях России» лесного департамента для экспериментальной проверки эффективности его программы. Вместе с ним в работах участвовали Н. М. Сибирцев, П. А. Земятченский, Г. Н. Высоцкий, Г. И. Танфильев, К. Д. Глинка, П. В. Отоцкий, Г. Н. Адамов. Экспедиция работала пять лет (1892–1896) и результаты её работы определили формирование концепции новой науки – почвоведения, которая в начале XX века была воспринята учёными всего мира. Основным результатом, которого от него ждало общество в то время, был ответ на вопрос о причинах засух.

В вышедшем в 1893 году фундаментальном труде «Русский чернозём» В. В. Докучаев [4] использовал созданный им принципиально новый, фактически революционный подход к почве, перевернувший мировое почвоведение. Он обосновал определение почвы как особого природного минерально-органического образования, а не любых поверхностных наносов или пахотных слоёв, как это было ранее. Он доказал, что любая почва является результатом совокупного действия материнской породы, климата, рельефа, живого мира и времени, поэтому и для классификации почвы, и при использовании почвы необходимо учитывать её происхождение (генезис), а не только петрографический, химический или гранулометрический состав. Благодаря этому В. В. Докучаев в исследовании «Русский чернозём» высказал гипотезу о причинах учащения недородов вследствие засух. Причинами является отсутствие надле-

жащих способов обработки почв, ухудшающих водный и воздушный режимы почвы, развитие почвенной эрозии, обусловленной отсутствием мер по сохранению влаги, что предотвращало бы разрушение зернистой структуры чернозёмов.

Но самым главным результатом исследований, проведённых под руководством В. В. Докучаева, стала констатация факта доминирующей роли лесов в сохранении агроландшафтов. Им были получены неопровержимые факты экологической деградации территорий по причинам вырубki лесов и ведения сельского хозяйства экологически опасными методами. В сумме именно эти факторы были первопричиной катастрофических последствий засух.

Гению В. В. Докучаева принадлежит создание теории антропогенного агроландшафта, структура которого позволяла бы не только уменьшать риск засух и обеспечивать устойчивые сельскохозяйственные урожаи, но и повышать общее плодородие почв значительной территории. В. В. Докучаев предложил создать сплошную сеть широких лесных полос, расчленяющих безлесную степь на обрамлённые лесами участки. Лесополосы должны были обеспечивать улучшение микроклимата и существенное увеличение влажности почвы в сухие периоды по сравнению с открытой степью. Предложенная В. В. Докучаевым экспериментальная проверка метода улучшения агроландшафтов на трёх участках юга России (Каменной степи, Великоанадольском и Старобельском участках) была согласована, одобрена и, главное, поддержана Правительством России: было выделено необходимое финансирование.

По замыслу В. В. Докучаева облесению подлежало 10–20 % от общей территории степных участков. Закладывались лесополосы разной ширины от 6 до 200 м. К 1898 году экспериментальные участки были облесены.

В 1903 году В. В. Докучаев умирает в возрасте 57 лет и с его смертью прекращается реализация проекта. Но созданные лесополосы продолжали поддерживаться в составе казённых лесничеств. Замыслы В. В. Докучаева нашли реализацию в ряде губерний России в виде создания песчано-овражных станций. Начиная с 1901 года, эти станции выполнили большой объём работ по закреплению и облесению оврагов и массивов сыпучих песков. Всего до 1917 года было заложено 130 тыс. га защитных лесонасаждений, в том числе: полезащитных лесных полос 20 тыс. га, приовражных насаждений 100 тыс. га и насаждений на песках 10 тыс. га [5]. С наступлением XX века Россия вступила в череду войн, революций и разрухи. Сначала агрессия Японии на Дальнем Востоке и последовавшая за ней русско-японская война, затем первая русская революция, а вскоре – Первая мировая война, ещё одна революции 1917 года, Гражданская война, разруха. Были прекращены все работы по улучшению земель и противодействию засухе с помощью лесных посадок с целью улучшения основных агроландшафтов России, где производилось 90 % хлеба.

Об идеях и опыте работ экспедиции В. В. Докучаева вспомнили после того, как в 1920–1930 гг. центр и юг Европейской России потрясли страшные пыльные бури и последовавший за ними голод. В апреле 1921 года вышло Постановление Совета труда и обороны, предусматривавшего развитие лесомелиоративных работ в государственном масштабе под руководством Главлесхоза при Наркомземе [6]. Стала развиваться сеть сельскохозяйственных опытных станций. С самого начала своей деятельности опытные агролесомелиоративные участки и овражные станции занимались разработкой способов защитного лесоразведения для борьбы с засухой, с ветровой и водной эрозией, а также разрабатывали методы

восстановления плодородия эродированных почв [5].

Периодическое повторение пыльных бурь продолжалось. Вопрос о крупномасштабных работах по защитному лесоразведению в южных районах европейской части России сохранялся.

Осенью 1931 года в Москве решением Всесоюзной конференции по борьбе с засухой было положено начало второго этапа полезащитного лесоразведения. В южных областях страны и Средней Волги намечалось за пять лет создать 3 млн. га лесов. Для этого были организованы агролесхозы, лесные машинно-тракторные станции [6].

По данным экспертов, в степных и лесостепных районах страны с 1931 по 1941 гг. было заложено 844,5 тыс. га защитных лесонасаждений, в том числе: полезащитных лесных полос 465,2 тыс. га, овражно-балочных насаждений – 173,3 тыс. га, лесных насаждений на песках – 206 тыс. га [5]. В значительных масштабах эти работы выполнялись в Поволжье, Центральном-Чернозёмных областях, на Северном Кавказе, в Алтайском крае, Новосибирской области, на Украине, в Северном Казахстане, а также на орошаемых полях Узбекской ССР. Научные учреждения разрабатывали систему научно обоснованной практики защитного лесоводства. Вся территория степных и лесостепных зон бывшего СССР была разделена на агролесомелиоративные районы с однородными лесорастительными условиями. По агролесомелиоративным зонам были разработаны отдельные приёмы выращивания защитных лесонасаждений [5].

К сожалению, историческая череда войн продолжалась. Начавшаяся Великая Отечественная война заставила отложить планы агролесомелиоративного улучшения сельскохозяйственных земель. Спустя три года после окончания войны, 24 октября 1948 года, было опубликовано Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) «О плане полезащитных лесо-

насаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» [7]. Существует множество разных, в том числе и критических оценок этого плана, который вошёл в историю с громким названием Великого и даже Великого Сталинского плана преобразования природы. По своему существу этот план был направлен на создание целостной системы экологической оптимизации землепользования, и надо сказать, что по прошествии 60 лет все поставленные цели были достигнуты. По данному плану предусматривался весьма значительный объём работ по созданию лесных полос: около 6 млн. га лесных культур – лесопосадок для защиты 120 млн. га пашни, и посадка 120 тыс. га лесных полос вдоль берегов и на водоразделах главных рек: Урала, Волги, Дона, Северного Донца, которые определяют водный баланс всего юга Европейской России.

«Полезащитным лесонасаждениям отводилась главная роль, но вместе с их созданием были значительно расширены работы по облесению овражно-балочных земель, прудов и водоемов. В этот период в Российской Федерации было заложено 1286 тыс. га ЗЛН. К настоящему времени из них сохранилось 286 тыс. га» [6, с. 59].

К 1953 году были успешно завершены работы на следующих государственных защитных лесных полосах (ГЗЛП):

- ГЗЛП Воронеж – Ростов-на-Дону по обоим берегам р. Дон, шириной по 60 м, на площади 10 036 га, протяжённостью 1055 км;
- ГЗЛП Пенза – Екатериновка – Вёшенская – Каменск, состоящая из трёх лент, шириной по 60 м каждая, на площади 13 185 га, протяжённостью 733 км;
- ГЗЛП Белгород – Дон по обоим берегам Северного Донца, шириной по 30 м, на площади 2783 га, протяжённостью 518 км;

- ГЗЛП Камышин – Волгоград, состоящая из трёх лент, шириной по 50 м каждая, на площади 4575 га, протяжённостью 250 км;

- ГЗЛП гора Вишнёвая – Каспийское море по обоим берегам р. Урал по три ленты, шириной по 60 м каждая, на площади 16 280 га, протяжённостью 675 км;

- ГЗЛП Волгоград – Элиста – Черкесск, состоящая из четырёх лент, шириной по 60 м каждая, на площади 12 968 га, протяжённостью 582 км;

- ГЗЛП Чапаевск – Владимировка, состоящая из четырёх лент, шириной по 60 м каждая, на площади 10 721 га, протяжённостью 425,6 км;

- ГЗЛП Саратов – Астрахань по обоим берегам Волги, шириной по 100 м. Полоса посажена на площади 9263 га (95,8 %), протяжённостью 1081 км.

После смерти И. В. Сталина в 1953 году темпы реализации плана резко снизились. С 1954 по 1966 гг. объём посадки защитных лесных насаждений упал до 70 тыс. га/год. Из 950 тыс. га насаждений, заложенных в эти годы, сохранилось 53 %. Работы стали выполнять в основном специализированные предприятия Рослесхоза, а также колхозы и совхозы. Координацию и контроль работ выполняло Главное управление колхозных лесов и защитного лесоразведения Минсельхоза СССР.

К тому времени было посажено и посеяно 2,14 млн. га защитных лесонасаждений. Главное место в их числе занимали полевые защитные лесные полосы и овражно-балочные насаждения. Крупные государственные защитные лесные полосы прошли по водоразделам и берегам крупных рек с целью улучшения их водного режима, предохранения от заиления, регулирования водного стока. В сочетании с разнообразными полевыми защитными лесными полосами, овражно-балочными насаждениями и насаждениями на песках, ГЗЛП играли определяющую и положительную роль в улучшении микроклимата целых

районов юга и юго-востока России. При условии ведения в них лесохозяйственных работ в соответствии с принципами защитного лесоводства они служили важным источником древесины в малолесной зоне (дровяная и поделочная древесина, столбы, колья, и т. д.). Во многих районах прохождения ГЗЛП в их породный состав были включены фруктовые деревья, кустарники и орех (лещина, фундук, миндаль и т.п.), что обеспечивало население хорошей корзиной плодов: фруктов, ягод, орехов. Положительное влияние защитного лесоводства, функционирования ГЗЛП и полевых защитных лесных полос отражалось не только на зерновых и пропашных культурах, а также на животноводстве.

С прекращением финансирования плана преобразования природы и регулирования климата юго-восточной части России и бывшего СССР произошли нежелательные изменения в инфраструктуре всего защитного лесоводства. Полевые защитные лесные станции были ликвидированы, а сами ГЗЛП переданы в землепользование колхозов и совхозов.

Вместе с тем, нелишне сказать несколько слов о том вреде, который нанёс лесному хозяйству в целом, и защитному лесоразведению в частности, всесильный академик того времени Трофим Денисович Лысенко.

В августе 1948 года состоялась известная сессия ВАСХНИЛ, после которой в сельскохозяйственных и биологических науках укрепился диктат Т. Д. Лысенко [8]. Уже осенью того же года принципиальные дарвинисты и докучаевцы, в том числе академик АН СССР В. Н. Сукачев, профессор С. В. Зонн, Л. Ф. Правдин и другие были изгнаны из Московского лесотехнического института (ныне Московский государственный университет леса), профессор А. А. Роде – из Брянского лесохозяйственного института, а 20 октября 1948 года было принято постановление Совета Министров и ЦК ВКП(б) «О плане

полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» [7].

В пункте 26 этого постановления было особо сказано о создании защитных лесонасаждений гнездовыми посевами дуба. Для реализации постановления от 20 октября 1948 года была создана Комплексная научная экспедиция по вопросам полеззащитного лесоразведения АН СССР [9]. Её научным руководителем был назначен академик В. Н. Сукачев (директор Института леса АН СССР), начальником – профессор Л. Ф. Правдин; с 1950 года – профессор С. В. Зонн. Одним из важных результатов деятельности этой экспедиции стало установление негативных последствий широкого применения гнездового способа создания полеззащитных лесных полос и массивных насаждений с покровом сельскохозяйственных растений, предложенного Т. Д. Лысенко. Объективная оценка трёхлетней практики применения этого метода была изложена в докладной записке В. Н. Сукачева, С. В. Зонна и В. В. Попова, направленной в директивные органы в конце 1951 года, а также в статье В. Н. Сукачева в журнале «Лесное хозяйство» [10].

Очевидцы рассказывали, что Т. Д. Лысенко и его команда были в ярости от этой статьи.

Мне довелось работать непосредственно по созданию полеззащитных лесных полос и так называемых «дубрав промышленного значения» в тяжелейших лесорастительных условиях светлосашино-каштановых карбонатных почв засушливой степи. Применяя метод Т. Д. Лысенко «О выращивании защитных лесных насаждений пятилуночным способом под покровом зерновых сельскохозяйственных культур», насаждения практически погибали. Приходилось часто выступать на широко проводившихся тогда совеща-

ниях, доказывая непригодность главенствующей тогда концепции академика Т. Д. Лысенко.

Мне довелось дважды встречаться наедине с Т. Д. Лысенко, долго разговаривать с ним, убеждать его и просить отказаться от применения его метода в особо трудных лесорастительных условиях, но убедить его было невозможно. Создавалось впечатление, что этот человек – фанатик, гипнотизирующий тебя. Ты уже почти готов согласиться с ним, однако как бы просыпаешься и снова начинаешь отстаивать свою точку зрения.

Вспоминая сейчас эти события, учитывая, что в то время идеологические гонения переключались из биологических наук и сельского хозяйства в лесное хозяйство, которое, как известно, от начала и до конца основано на опыте, меня мои друзья и товарищи предупреждали и просили не «лезть на рожон» в спорах с академиком и его командой, но я продолжал «упорствовать», за что потом длительное время получал различные неприятности от сподвижников Трофима Денисовича.

За год до смерти И. В. Сталина академик П. Л. Капица написал ему письмо (30 июля 1952 года), в котором детально изложил положение в стране по ряду научных проблем («в связи с отсутствием в стране в последние два десятилетия условий для развития принципиально новых идей в науке и технике»). Весьма дипломатично П. Л. Капица написал: «Вы исключительно верно указали на два основных все растущих недостатка нашей организации научной работы – это отсутствие научной дискуссии и аракчеевщина... После Вашей статьи о языкознании, к сожалению, аракчеевщина у нас не прекращается, но продолжает проявляться в самых различных формах... Конечно, аракчеевская система организации науки начинает проявляться там, где большая научная жизнь уже заглохла, а такая система окончательно губит её остатки» [11, с. 5].

В письме П. Л. Капица не касался напрямую всех биологических наук. Но очень тонко сказал о «Плане преобразования природы...»: «Может быть, то, что передовая наука у нас чахнет, есть историческая необходимость? Болезнь роста? Закон природы? Может быть, на первой стадии развития социализма действительно всё и вся должны быть направлены на преобразование природы? Я хотел бы верить, что ряд вопросов, которые я поставил перед Вами в этом письме по развитию науки, будут своевременны и могут помочь её более здоровому росту» [12].

Безусловно, И. В. Сталин был хорошо информированным руководителем страны, а тем более о состоянии дел по выполнению «Плана преобразования природы», который народ начал называть его именем. Судя по всему, он располагал информацией о гибели и массовом списании защитных лесонасаждений, созданных по методу Т. Д. Лысенко. Кроме того, нарочно или случайно, но в своём письме П. Л. Капица наступил на «больную мозоль» – авторитет вождя, упомянув о приоритетности «Плана преобразования природы» в стране.

Губительная роль Т. Д. Лысенко для нашей науки и эпопея взлётов и падений на волнах дворцовых интриг очень точно и академически безупречно изложены в статье Жореса Медведева «Лысенко и Сталин», опубликованной в Интернете [13]. Научная диктатура Т. Д. Лысенко настойчиво пыталась проникнуть в научные положения и практику лесного хозяйства. Под лозунгом борьбы с буржуазными направлениями научной мысли в области биологии, генетики и растениеводства (мальтузианство, морганизм и вейсмализм), которые не соответствовали марксистско-ленинскому диалектическому учению, были отстранены от деятельности академики В. Н. Сукачев и Н. П. Дубинин, уволены многие исследователи, которые не признавали безоговорочного авторитета Т. Д. Лысенко. Были

отвергнуты методы лесоразведения, проверенные многолетней практикой и обоснованные лесоводственной наукой, несмотря на признание решающего значения самого лесоразведения. В результате научно-техническое развитие лесного хозяйства в значительной мере затормозилось.

Опыт, накопленный по крупицам в эпоху крупномасштабных проектов лесоразведения и развития защитного лесоводства, приобретает сейчас особую ценность в связи с ростом проблемы деградации земель России, необходимости повышения продовольственной безопасности страны, обеспечения населения малолесной зоны лесоматериалами местного производства. Нам не только нужно сохранять, но и расширять площади лесов России. Тем более, что развитие защитного лесоводства в нашей стране имеет существенный потенциал земельных ресурсов.

Глубокий анализ современного состояния земель России, опубликованный под редакцией академиков Россельхозакадемии А. В. Гордеева и Г. А. Романенко в 2008 году [14], позволил показать, что деградация земель России в настоящее время представляет одну из важнейших социально-экономических проблем, которая создаёт угрозу экологической, экономической, продовольственной и в целом национальной безопасности России. Водная и ветровая эрозия, подтопление, локальное переувлажнение, засоление, осолонцевание, переуплотнение, дегумификация, захламление отходами производства и потребления, загрязнение радионуклидами и тяжёлыми металлами как следствие экстенсивного хозяйствования и техногенеза наносят огромный ущерб продуктивному потенциалу земельного фонда России.

По данным государственного учёта земель России, общая площадь деградированных сельскохозяйственных угодий составляет 130 млн. га, в том числе пашни 84,8 млн. га, пастбищ – 28,7 млн. га. В целом по стране в составе эродированных

сельскохозяйственных угодий средне- и сильноэродированные почвы занимают 26 %. Доля эродированных и дефлированных почв продолжает неуклонно увеличиваться. В течение последних 20 лет темпы их прироста достигли 6–7 % каждые пять лет. В результате эрозии и дефляции почв недобор урожая на пашне достигает 36 %, на других угодьях — до 47 %. Около 100 млн. га в пределах 35 субъектов Российской Федерации занимают районы, подверженные опустыниванию и засухам или потенциально опасные в этом отношении.

Специалисты давно отмечают, что осуществляемые в настоящее время в России меры по предотвращению деградации почв и ликвидации процессов опустынивания не адекватны масштабам проблемы [6, 14]. Так, чернозёмы занимают лишь 7 % общей площади земель России, но на них находится более 40 % всей площади пахотных угодий и производится около 80 % всей земледельческой продукции, поэтому ущерб, наносимый чернозёмам, особенно сильно сказывается на плодородии почв пашни в целом. В настоящее время в районах интенсивной хозяйственной деятельности не осталось значительных по площади участков чернозёмов, сохранивших своё естественное плодородие.

Засоленные почвы занимают около 3 % общей площади суши России и, по разным источникам, от 7 до 13 % площади сельскохозяйственных угодий, а солонцовые почвы — 8–9 % пашни. Техногенное загрязнение почв тяжёлыми металлами отмечено практически во всех промышленно развитых районах России. Более 250 тыс. га сельскохозяйственных угодий имеют уровень загрязнения в 10–100 раз выше фонового, техногенные выбросы покрывают 18 млн га, тяжёлыми металлами загрязнено 3,6 млн га. Радионуклидами только в Уральском регионе загрязнено 25 тыс. км², в результате аварии на Чернобыльской АЭС территория 18 областей была загрязнена радионуклидами.

Развитие объектов защитного лесоводства имеет прямую коммерческую выгоду для регионов России. Например, по данным академика РАСХН О. Г. Котляровой [15], урожайность к десятому году после высаживания защитных лесных полос увеличивается в среднем на 20 – 30 %, а расходы окупаются на четвёртый–седьмой годы. Инвестиционную привлекательность создания объектов защитного лесоводства можно увеличить, если принимать в расчёт, что лесные полосы, расположенные на сельскохозяйственных землях и высаженные после 1990 года, подпадают под определение «киотских лесов» (статья 3.3 Киотского протокола [16]) и соответственно запасённый в них углекислый газ будет идти в зачёт по выбросу предприятиям. Таким образом, полезащитные лесные полосы помогают решить сразу две проблемы: создание оптимальных условий производства сельскохозяйственной продукции в крупных масштабах путём смягчения климата, защиты почвы от эрозии и деградации и одновременно — снижать объём накопленного в атмосфере углекислого газа, основного фактора парникового эффекта глобального потепления климата [17].

Следует присмотреться внимательнее к опыту Краснодарского края, где принят закон «О сохранении и приумножении древесно-кустарниковой растительности, расположенной на землях сельскохозяйственного назначения, находящихся в государственной собственности» [18]. Работы по оформлению земли там начались ещё в 2005 году. Сегодня все лесополосы переданы в собственность края, специально создано управление «Краснодарлес». Помимо контроля над сохранностью и эффективностью использования объектов защитного лесоводства, оно занимается восстановлением, реконструкцией и развитием агролесомелиоративной системы. Благодаря этому полезащитные лесополосы развиваются в системе улучшающих местный климат мероприятий, и этим де-

лом занимаются лесоводы, способные профессионально определить состояние лесонасаждений и назначить мероприятия по их сохранению и улучшению. Лесоводы Саратовской области, следуя примеру Краснодарского края, предлагают рассмотреть вопрос о передаче в собственность региона земельных участков, которые находятся под ГЗЛП, и вообще все объекты защитного лесоводства. И только приняв их на баланс лесничеств, разрабатывать и принимать соответствующие законы и программы выгодного их развития [19].

Полезатитное лесоразведение и защитное лесоводство в целом были важнейшим элементом снижения негативного воздействия засухи и экстремальной жары в южной и юго-восточной части России на протяжении более ста лет. Это позволяло сбергать в почве больше снеговой влаги и снижать иссушающее воздействие горячих ветров. Созданная, начиная с XIX века, в южных регионах Европейской России и Урала мощная система ГЗЛП и полезатитных лесных полос, хотя и была недостаточной, но позволяла существенно смягчать экстремумы континентальности климата на сельскохозяйственных землях. Фактически с началом XXI века работы по защитному лесоразведению и лесоводству в России были приостановлены. Многие из созданных ранее объектов защитного лесоводства были уничтожены или сильно повреждены сельскохозяйственными палами и хищническими рубками на дрова. Государство наше, будучи правопреемником СССР, утратило даже информацию о том, сколько осталось «работающих» ГЗЛП. Не говоря уже о том, чтобы проводить в них лесоводственные уходы, обновлять их, а также проектировать и финансировать создание новых ГЗЛП.

Поэтому специалисты вполне обоснованно утверждают, что прекращение работ по защитному лесоводству в южных и юго-восточных регионах страны, а также

уничтожение значительной части созданных ранее ГЗЛП, способствовало превращению вполне обычных для этих районов засухи и жаркого сухого лета последних лет в природную катастрофу регионального масштаба [20], вплоть до лесоторфяных пожаров и выгорания целых поселений с жертвами в Центральной части России в 2010 году.

Ко всему этому прибавляется проблема неиспользуемых, так называемых маргинальных сельскохозяйственных земель, зарастающих лесной растительностью [21, 22, 23]. Министерство сельского хозяйства не принимает никаких мер по принятию решений в отношении этих земель, а Рослесхоз ничего не может делать на чужих землях. А таких маргинальных земель, по различным данным, зарастающих лесной растительностью, но не имеющих кадастровых границ, насчитывается от 20 до 40 млн га. После передачи таких земель в Государственный лесной фонд на них можно было бы формировать высокопродуктивные лесные массивы.

Отдельного рассмотрения требуют вопросы сохранения и воссоздания научного и материально-технического потенциала обеспечения работ по развитию защитного лесоводства в целом. Эта проблема малолесной зоны нашей страны должна быть признана первоочередной. Без её решения (воссоздания научно-исследовательских комплексов, включая лесные питомники и центры специальной почвообрабатывающей техники) нам не удастся обеспечить экологическую и продовольственную безопасность России и решить ряд социально-экономических проблем малолесной зоны России.

Сейчас трудно сравнивать условия времени осуществления «Плана преобразования природы...» с теперешними. Казалось бы, сейчас есть больше возможностей для проведения подобных работ по защитному лесоразведению, крайне необходимых для развития и обеспечения социальной безопасности страны. Более то-

го, как отметил академик К. Кулик: «Следует помнить, что предельный возраст насаждений на юге России – не более 70 лет. Еще 5–10 лет и мы потеряем всю ту систему, что создавалась десятилетиями» [24].

Заключение. Хочется верить и надеяться, что в ближайшее время начнётся движение вперёд в этом направлении, особенно после того, как к концу 2013 года Министерство природных ресурсов РФ в соответствии с поручением Президента РФ от 1 сентября 2013 года подготовило законопроект о лесах, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения и некоторых иных категорий. Проект предусматривает внесение изменений в Земельный кодекс РФ, Лесной кодекс РФ и федеральный закон «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения». Насколько он будет способствовать защитному лесоразведению, остаётся пока неясным, поскольку это только обсуждаемый проект, который в случае принятия всех предполагаемых изменений лишь частично смягчит проблему.

На мой взгляд, должны быть приняты комплексные решения и государственные

программы по защитному лесоразведению с целью защиты почв, вод, антропогенных ландшафтов, сельскохозяйственного производства и соответствующего ведения здесь лесного хозяйства для поддержания изменённых климатических условий.

Требуется решить созревшие проблемы и на других направлениях защитного лесоразведения и лесовосстановления: адекватное реагирование на угрозы деградации и гибели защитных лесов в результате не только антропогенных загрязнений (техногенные аварии, загрязнение почв, вод и атмосферы и т.д.), но и глобальных климатических изменений.

В этом плане следует обратить внимание на решение выездного заседания бюро отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства Российской сельскохозяйственной академии, обращаясь к Министерству природных ресурсов, Федеральному агентству лесного хозяйства: «Обеспечить реализацию «Стратегии развития защитного лесоразведения в РФ на период до 2020 года», подготовленной Россельхозакадемией РАН РФ» [25, 26], тем более, что научные обоснования этому имеются [27].

Список литературы

1. Report of the XII World Forestry Congress Final statement <http://www.fao.org/forestry/wfc/en/> (Дата обращения: 03.02.2014).
2. <http://climatechange.ru/node/119> (Дата обращения: 03.02.2014).
3. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь / В. В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.
4. Докучаев, В. В. Русский чернозём / В. В. Докучаев. – М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1936. – 558 с.
5. Лесное хозяйство СССР за 50 лет / под общ. редакцией В. И. Рубцова // Гос. комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 312 с.
6. Кулик, К. Н. Проблемы защитного лесоразведения в России / К. Н. Кулик, И. П. Свинцов // Использование и охрана природных ресурсов в России. – Лесные ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 58 – 60.
7. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=ESU;n=14933> (Дата обращения: 03.02.2014).
8. О положении в биологической науке: Стенографический отчет сессии ВАСХНИЛ, 31 июля – 7 августа 1948 г. – М.: Огиз-Сельхозгиз, 1948. – 536 с.
9. Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. Том II. Работы 1950 г. Выпуск первый. Исследование стационара Белые Пруды / АН СССР. – М.: Издательство АН СССР, 1952. – 158 с.
10. Сукачев, В. Н. О некоторых теоретических основах научно-исследовательских работ по полезащитному лесоразведению / В. Н. Сукачев // Лесное хозяйство. – 1952. – № 6 (45). – С. 19-21.
11. Ирошников, А. И. К вопросу об аракачевщине в науке (страницы истории: почему И. В. Сталин санкционировал критику Т. Д. Лысенко, а Н. С. Хрущев возвратил его на пьедестал?!) / А. И. Ирошников // Вавиловский журнал генетики и селекции. Издательство: Институт цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск). – 2004. – № 28. – С. 5.

12. Капица, П.Л. Письмо И.В. Сталину / П. Л. Капица // Известия ЦК КПСС. – 1991. – № 2. – С. 105-109.
13. http://gazeta.zn.ua/SOCIETY/lysenko_i_stalin.html (Дата обращения: 03.02.2014).
14. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / Под общей редакцией Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 64 с.
15. <http://www.ecopolity.ru/index.php?cnt=6> (Дата обращения 03.02.2014).
16. http://stckpi.kharkov.org/rus/category/The_text_of_the_Kyoto_Protocol.html (Дата обращения: 03.02.2014).
17. Адаптивно-ландшафтное обустройство земель сельскохозяйственного назначения лесостепной, степной и полупустынной зон европейской части Российской Федерации / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2012. – 124 с.
18. Закон Краснодарского края от 5 апреля 2010 г. N 1945-КЗ «О сохранении и воспроизводстве защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения»/ Принят Законодательным Собранием Краснодарского края 24 марта 2010 года <http://www.kubzsk.ru/kodeksdb/no-frame/law>.
19. <http://www.rg.ru/2008/03/12/reg-saratov/les.html> (Дата обращения: 03.02.2014).
20. <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/864> (Дата обращения: 03.02.2014).
21. Курбанов, Э. А. Оценка зарастания земель запаса Республики Марий Эл лесной растительностью по спутниковым снимкам / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, С. А. Незамаев, Т. Л. Александрова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – №2 (9). – С. 14-20.
22. Курбанов, Э. А. Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Незамаев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3 (19). – С. 82-92.
23. Курбанов, Э. А. Дистанционный мониторинг динамики нарушений лесного покрова, лесовозобновления и лесовосстановления в Марийском Заволжье / Э. А. Курбанов, Т. В. Нуреева, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Т. Ф. Мифтахов, С. А. Незамаев, Ю. А. Полевщикова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3 (13). – С. 17-24.
24. <http://www.lesvesti.ru/news/main/3297/> (Дата обращения: 03.02.2014).
25. Выездное заседание бюро отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства Российской сельскохозяйственной академии / Постановление // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 4 (20). – С. 98-101.
26. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – 34 с.

Статья поступила в редакцию 10.11.13.

ПИСАРЕНКО Анатолий Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, президент Российского общества лесоводов (Российская Федерация, 115184, Москва, ул. Пятницкая, д. 59/19). Область научных интересов – лесовосстановление, защитное лесоразведение. Автор более 270 публикаций.

PISARENKO Anatoliy Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, member of Russian Academy of Agricultural Sciences, president of Russian Society of Foresters (59/19 ul. Pyatnitskaya, Moscow, 115184, Russian Federation). Research interests – forest restoration, protective afforestation. The author of more than 270 scientific works.

A. I. Pisarenko

PROTECTIVE FORESTS AND PROTECTIVE FORESTRY IN SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

Key words: drought; agriculture; forestry; protective forests; agricultural afforestation; lands degradation; ecological safety; Russian food safety.

ABSTRACT

The effect of our climate continentality in contrast to Western Europe territory is its aridity and forest fires. Drought, bad crops and famine accompanied Russian people during many centuries. Complex study of V.V.Dokuchaev (late 19th century) showed hard facts of ecological degradation of the territories based on deforestation and agriculture management with the use of ecologically safe methods. V.V.Dokuchaev offered to establish dense forest strips, which could divide forest-free steppes by trees. The ideas were implemented in a number of Russian provinces. 2.14 millions ha of protective forests were established in Russia after II World war. Large protective forest strips also covered watersheds and banks of long rivers. Considering principles of protective forestry, they became an important source of wood and diverse forest products in sparsely wooded area. Nowadays Russian lands degradation is 6–7 % every five years. It is a very serious social and economic problem, which leads to safety risk for Russia. The measures aimed at soil degradation prevention and desertification processes elimination, which are put into practice today, are not adequate to the extent of the problem. Nevertheless, establishment of the objects of protective forestry is commercially advantageous for Russian regions: in 10 years after forest strips establishment, crop yield increases in 20–30 %, expenses are paid off in 4–7 years. Cessation of work, directed to protective forests establishment in southern and south-eastern regions of the country, dying of the best part of early established forest strips contributed to hot dry summer (2010), which is quite normal for the area, to become a natural disaster of regional scale. Complex problems should be the support of State programs in protective forest cultivation. Thus, developed by All-Russian Research Institute of Agro-forestmelioration program «Strategy of Protective Afforestation Development in Russia till 2020» is focused on the problem.

References

1. Report of the XII World Forestry Congress Final statement URL:<http://www.fao.org/forestry/wfc/en/> (15.10.2013) (Reference date: 03.02.2014).
2. URL:<http://climatechange.ru/node/119> (Reference date: 03.02.2014).
3. Dokuchaev V.V. Nashi stepi prezhe i teper [Our Steppes in the Past and Our Steppes of Today]. Moscow: Selkhozgiz, 1953. 152 p.
4. Dokuchaev V.V. Russkiy chernozem [Russian Black Soil.]. Moscow: OGIZ-SELKHOZGIZ, 1936. 558 p.
5. Lesnoe hozyaystvo SSSR za 50 let. Pod obshch. redaktsiyey V. I. Rubtsova. Gos. komitet lesnogo hozyaystva Soveta Ministrov SSSR [USSR Forestry for 50 Years. Under the general editorship of V.I. Rubtsov. State Committee of Forestry of the Council of Ministers of the USSR]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1967. 312 p.
6. Kulik K. N., Svintsov I. P. Problemy zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossii [Problems of Protective Forest Cultivation in Russia]. *Ispolzovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii (Lesnye resursy) [Usage and Protection of Natural Resources of Russia (Forest Resources)]*. 2009. No 2. P. 58–60.
7. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=ESU;n=14933> (Reference date: 03.02.2014).
8. O polozhenii v biologicheskoy nauke: Stenograficheskiy otchet sessii VASHNIL, 31 iulya – 7 avgusta 1948 g. [On the Situation in Biology: verbatim report of VASHNIL session, July, 31 – August, 7 1948]. Moscow: Ogiz-Selkhozgiz, 1948. 536 p.
9. Trudy kompleksnoy nauchnoy ekspeditsii po voprosam polezashchitnogo lesorazvedeniya. Tom II. Raboty 1950 g. Vypusk pervyy. Issledovanie statsionara Belye Prudy. AN SSSR [Proceedings of Complex Scientific Expedition on the Problems of Agricultural Afforestation. Volume II. Proceedings – 1950. Issue One. Study of Belye Prudy Area. Academy of Sciences of the USSR]. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1952. 158 p.
10. Sukachev V.N. O nekotorykh teoreticheskikh osnovakh nauchno-issledovatel'skikh rabot po polezashchitnomu lesorazvedeniyu [On Some Theoretical Basis of Research Works on Agricultural Afforestation]. *Lesnoe khozyaystvo [Forestry]*. 1952. No 6 (45). P. 19–21.
11. Iroshnikov A.I. K voprosu ob arakcheevshchine v nauke (stranitsy istorii: pochemu I.V. Stalin sanktsioniroval kritiku T.D. Lysenko, a N.S. Khrushchev vozvratil ego na pedestal?!) [To the Problem of Arakcheevshchina in Science (History Pages: Why Did Stalin I.V. Approved Criticism of T.D. Lysenko and N.S. Khrushchev Returned Him His Position?!)].

Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii [Vavilovskiy Journal of Genetics and Breeding]. Izdatelstvo Instituta tsitologii i genetiki SO RAN (Novosibirsk). 2004. No 28. P. 5.

12. Kapitsa P.L. Pismo I.V. Stalinu [A Letter to I.V. Stalin]. *Izvestiya TSK KPSS* [News of the CPSU Central Committee]. 1991. No 2. P. 105-109.

13. URL: http://gazeta.zn.ua/SOCIETY/lysenko_i_stalin.html (Reference date: 03.02.2014).

14. Agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispolzovaniya zemel Rossii, vybyvshikh iz aktivnogo sel-skhozyaystvennogo oborota. Pod obshchey redaktsiei G.A.Romanenko [Agroecological Condition and Perspectives of Russian Lands Use Which Are No More in Use]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2008. 64 p.

15. URL: <http://www.ecopolicy.ru/index.php?cnt=6> (Reference date: 03.02.2014).

16. URL: http://stckpi.kharkov.org/rus/category/The_text_of_the_Kyoto_Protocol.html (Reference date: 03.02.2014).

17. Kulik K. N. Adaptivno-landshaftnoe obustroystvo zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya lesostepnoy, stepnoy i polupustynnoy zon evropeyskoy chasti rossiyskoy federatsii [Adaptive Landscape Agricultural Lands Arrangement in Forest-Steppe, Steppe and Semidesert Zones of the European Part of the Russian Federation]. Volgograd: VNIALMI, 2012. 124 p.

18. Zakon Krasnodarskogo kraya ot 5 aprelya 2010 g. N 1945-KZ «O sokhraneni i vosproizvodstve zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy na zemlyakh selskokhozyaystvennogo naznacheniya». Prinyat Zakonodatelnyim Sobranie Krasnodarskogo kraya 24 marta 2010 goda [Law of Krasnodar Territory Dated April 5, 2010 N 1945-KZ «On Preservation and Reproduction of Protective Forest Stands on the Agricultural Lands». Adopted by the Legislative Assembly of Krasnodar Territory on the 24th of March 2010.]. URL: <http://www.kubzsk.ru/kodeksdb/noframe/law>.

19. URL: <http://www.rg.ru/2008/03/12/reg-saratov/les.html> (Reference date: 03.02.2014).

20. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/864> (Reference date: 03.02.2014).

21. Kurbanov E. A., Vorobyev O. N., Gubaev A. V., Lezhnin S. A., Nezamaev S. A., Aleksandrova T. L. Otsenka zarastaniya zemel zapasa Respubliki Mariy El lesnoy rastitelnostu po sput-

nikovym snimkam [Assessment of Colonization of Reserve Lands in the Republic of Mari El With the Use of Satellite Images]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 2 (9). P. 14-20.

22. Kurbanov E. A., Vorobyev O. N., Nezamaev S. A., Gubaev A. V., Lezhnin S. A., Polevshchikova Yu.A. Tematicheskoe kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolzhya po sputnikovym snimkam Landsat [Subject Mapping and Stratification of Mari Forests With the Use of Satellite Images]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 3 (19). P. 82-92.

23. Kurbanov E. A., Nureeva T.V., Vorobyev O. N., Gubaev A. V., Lezhnin S. A., Miftakhov T. F., Nezamaev S. A., Polevshchikova Yu.A. Distantionnyy monitoring dinamiki narusheniy lesnogo pokrova, lesovozobnovleniya i lesovosstanovleniya v Mariyskom Zavolzh'e [Remote Monitoring of Dynamics of Disturbance of Forest Cover, Reafforestation and Forest Restoration in Mari Republic]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. No 3 (13). P. 17-24.

24. URL: <http://www.lesvesti.ru/news/main/3297/> (Reference date: 03.02.2014).

25. Vyezdnoe zasedanie buro otdeleniya melioratsii, vodnogo i lesnogo khozyaystva Rossiyskoy selskokhozyay-stvennoy akademii. Postanovlenie. [Field Meeting of Division Office of Amelioration of Water and Forest Services of Russian Academy of Agriculture. Regulation.]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 4 (20). P. 98-101.

26. Kulik K. N. Strategiya razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda [Strategy of Protective Afforestation Development]. Volgograd: VNIALMI, 2008. 34 p.

УДК 630*583

**Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин,
Ю. А. Полевщикова, Е. Н. Демишева**

ЧЕТЫРЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕСОВ ПО СНИМКАМ LANDSAT

Проведён обзор основных направлений исследований лесного покрова Земли, проведённых на основе архива серии спутниковых снимков Landsat Геологической службы США. Рассматриваются вопросы применения спутниковых снимков при тематическом картировании лесных насаждений в области оценки их таксационных показателей и состояния древостоев, моделировании биологической продуктивности и выявлении нарушений природного и антропогенного характера. Проводится анализ различных методов дешифрирования разновременных спутниковых серий снимков Landsat и возможности их потенциального применения для долгосрочного мониторинга лесов России на региональном и национальном уровнях. Работа представляет собой систематизацию зарубежных и российских публикаций по изложенным вопросам.

Ключевые слова: спутниковые снимки Landsat; ГИС; дистанционное зондирование Земли; мониторинг лесов; тематическое картирование; лесные насаждения.

Введение. С момента запуска в 1972 году первого американского мультиспектрального сканера MSS (Multispectral Scanner) на борту Landsat 1 и до современных радиометров TIRS (Thermal Infra-Red Sensor) и OLI (Operational Land Imager), работающих на борту спутника Landsat 8, по полученным долговременным наблюдениям было проведено большое количество исследований земной поверхности. База данных с системы спутников Landsat Геологической службы США (USGS Landsat Global Archive), насчитывающая на сегодняшний день около 3 млн. сцен, позволила решить множество важных научно-практических задач в глобальном масштабе. Быстрому признанию в научном сообществе этой

системы спутников способствовали: доступность архивной базы изображений системы Landsat, возможность работы с семью мультиспектральными каналами в видимой и инфракрасной зоне электромагнитного спектра, приемлемый уровень пространственного и временного разрешения, оперативность получения снимков, а также широкий охват исследуемой территории. Результаты исследований учёных, использовавших эти уникальные спутниковые данные, изменили общее представление о нашей планете и деятельности человека. К недостаткам этой базы можно отнести наличие большого числа снимков с облачным покровом, что делает их не всегда приемлемыми при решении отдельных детальных исследований.

© Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Губаев А. В., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А., Демишева Е. Н., 2014.

Ссылка на статью: Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Губаев А. В., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А., Демишева Е. Н. Четыре десятилетия исследований лесов по снимкам Landsat // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 18-32.

Данные Landsat позволили повысить точность прогнозирования и мониторинга за многочисленными процессами на Земле, поэтому в последние годы наблюдается увеличение спроса на архивную базу данных USGS Landsat. В частности, эти снимки широко используются для оценки и мониторинга за изменениями в атмосфере, поверхности океанов, полярных территорий, сельскохозяйственных земель, городских территорий, пустынь и горных массивов. Изображения с системы спутников Landsat также широко востребованы научными коллективами, занимающимися тематическим картированием и мониторингом растительного покрова.

Целью работы является обзор научных исследований растительного покрова по спутниковым изображениям Landsat и выявление основных научно-практических направлений их применения в мониторинге лесов на региональном и национальном уровнях.

Техника эксперимента и методика исследований. В работе использованы зарубежные и отечественные литературные источники по исследованиям лесных экосистем с использованием данных спутниковой системы Landsat. Большинство из них находится в электронном виде на сайтах научных журналов и базах библиографических данных. В целом были изучены и проанализированы публикации за период с 1980 по 2013 год.

Результаты исследований. Анализ публикаций позволил сделать вывод о том, что все существующие разработки учёных, использующих систему спутников Landsat для изучения лесных насаждений, можно объединить в следующие основные направления: определение таксационных показателей и оценка состояния лесных насаждений, оценка и картирование биомассы (углерода) лесных насаждений, оценка лесовосстановления и зарастающих лесом сельскохозяйственных земель, картирование нарушений лесных насаждений. Рассмотрим подробно каждое из этих направлений.

Определение таксационных показателей и оценка состояния лесных насаждений. Большое количество исследований, использующих изображения Landsat, посвящено оценке возможности определения таксационных показателей (возраст, сомкнутость полога, высота деревьев) и дефолиации лесов. Американские учёные W. B. Cohen и T. A. Spies [1], проводившие сравнение пространственных и спектральных характеристик изображений Landsat TM (Thematic mapper) и французского спутника SPOT HRV (High Resolution Visible), пришли к выводу, что несмотря на более высокие пространственные характеристики HRV, снимки TM являются более приемлемыми для оценки ряда таксационных показателей лесов. Ряд работ посвящён возможности дешифрирования таксационных показателей по спектральным характеристикам изображений Landsat. В частности, была проанализирована взаимосвязь между значениями спектральной яркости каналов Landsat ETM+ и таксационными показателями коммерческих посадок сосны ладанной (*Pinus Taeda* L.) в восточной части штата Техас [2]. Для моделирования показателей возраста и густоты насаждений была применена многовариантная регрессия. Линейная комбинация вегетационного индекса NDVI, ETM4/ETM3 (отношение спектральных каналов 3 и 4 радиометра ETM+) и индекса влажности Wetness функции «колпачок с кисточкой» (tasseled cap) (преобразования спектральных значений каналов Landsat в три основных компоненты для картирования растительного покрова) показала наилучшую экстраполяцию возраста насаждения ($R^2 = 78 \%$), чем другие комбинации спектральных каналов и соответствующих индексов. Результаты принципиального компонентного анализа (principal component analyses), проведённого для спелого насаждения сосны ладанной (старше 18 лет), показали достоверную информацию о связи между структурой полога древостоя и спектральными значениями, полученными сенсором ETM+.

Другой коллектив учёных [3] исследовал поведение пяти сенсоров (Landsat TM, Landsat TM мультитременной, AVIRIS, ADAR и LiDAR) для оценки показателей лесного насаждения Псевдотсу-ги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii*). Они пришли к заключению, что использование двух сенсоров (ADAR and AVIRIS) для комбинирования высокого пространственного и спектрального разрешения не существенно улучшает моделируемые показатели насаждения

Для оценки дефолиации бореальных лесов финские учёные использовали мультиспектральные снимки, панхроматические снимки аэрофотосъёмки и данные национальной базы данных лесной инвентаризации [4]. Спутниковые снимки были использованы для выявления спектральных характеристик полога лесов, снимки аэрофотосъёмки для выявления текстуры полога, а данные пробных площадей национальной инвентаризации в качестве контрольных при оценке дефолиации. В работе применена классификация методом оценки взвешенных расстояний ближайшего соседа (KNN). Значения степени дефолиации были получены в виде функции расстояний между спектральными и текстурными откликами пикселей на изучаемом участке и пикселями, относящимися к независимым полевым данным. На уровне пробных площадей точность классификации для трёх классов дефолиации (без дефолиации, слабая и сильная) составила 56 % (коэффициент Каппа). Наиболее полезными характеристиками для изучения дефолиации явились 4 и 5 спектральные каналы Landsat TM.

Оценкой дефолиации лесов по спутниковым снимкам Landsat занимались многие другие учёные. В частности, было отмечено, что с увеличением дефолиации лесного полога наблюдается снижение спектральной яркости ближнего инфракрасного канала [5, 6]. Подобное отклонение свидетельствует об изменении физиологического состояния растений и может быть использовано для ранней диа-

гностики патологических изменений растительных покровов [7]. N. J. Lambert и др. (1995) оценили потенциал снимков Landsat TM и регрессию логит-преобразования (logit regression) для выявления нарушений в лесных насаждениях с доминированием ели европейской (*Picea abies* L.) [8]. Для выявления наиболее существенных нарушений самыми значимыми оказались 1,4 и 7 каналы TM, которые также позволили выделить слабые и средние нарушения на изучаемой территории. При этом точность классификации по коэффициенту Каппа составила 56 %. Дефолиацией лесов тсуги канадской (*Tsuga canadensis* L.) (eastern hemlock) с использованием изображений Landsat TM и линейной регрессии занимались D. D. Royale и R. G. Lathrop (1997). Общая точность классификации составила 64 % для четырёх классов, 70 % при использовании трёх классов и 78 % для двух классов дефолиации лесов тсуги [9].

М. Е. Jakubauskas и К. Р. Price (1997) исследовали взаимосвязь между показателями насаждений сосны скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) национального парка Йеллоустон и спектральных характеристик Landsat TM [10]. Они пришли к заключению, что характеристики лесных насаждений можно дешифровать по спутниковым данным, а инфракрасный спектральный канал является наиболее информативным при выполнении таких задач. К аналогичному выводу для различных пород и географических условий пришли другие ученые [11–14].

Коэффициент соотношения 4 и 5 спектральных каналов Landsat TM показал тесную корреляцию с возрастом Псевдотсу-ги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) в районе западных каскадных гор штата Орегона США [15]. Индекс влажности трансформации «колпачок с кисточкой» (tasseled cap) показал достаточную приемлемость для выделения молодых, спелых и перестойных лесов Тихоокеанского Северо-Запада США. Т. Nilson

и др. (2001) исследовали изменения, вызванные промежуточными рубками в бореальных лесах. Они пришли к выводу, что в таких насаждениях наблюдается увеличение спектральной яркости в красном канале и снижение его значения в ближнем инфракрасном [16].

Оценка и картирование биомассы (углерода) лесных насаждений. Логическим продолжением использования традиционных моделей при расчётах биомассы является их адаптация к данным дистанционного зондирования [17, 18]. В этом направлении существует большое количество исследований, использующих данные Landsat, на примере бореальных, умеренных и тропических поясов. В штате Висконсин (США) были выявлены зависимости между лесной биомассой и вегетационными индексами с помощью спутника Landsat [19]. В Индии разработана карта растительного покрова и биологической продуктивности лесов по данным спутника IRS-1A [20]. Картирование наземной биомассы лесных экосистем провинции Альберта (Канада) проводи-

лось по методу BioSTRUCT (Biomass estimation from stand structure), который основан на совмещении данных полевых пробных площадей с данными спутниковых снимков Landsat ETM+ [21]. В этом исследовании показатели высота и сомкнутость полога моделировались как по изображениям Landsat ETM+, так и полевым данным пробных площадей. Моделирование высоты показало хороший результат ($R^2=0,65$) при использовании 3, 4 и 5 спектральных каналов Landsat ETM+. В то же время сомкнутость полога экстраполировалась для 3, 4 и 7 спектральных каналов с коэффициентом детерминации, равным 0,57. Среднее значение биомассы по результатам исследований составило 4 т га^{-1} , что статистически коррелировалось с полевыми данными. На приведённой тематической карте (рис. 1) распределения биомассы в лесном насаждении провинции Альберта низкие значения представлены вырубками и лесовозобновлением, высокие показатели биомассы характерны для спелых насаждений с высокими значениями высот и сомкнутостью полога.

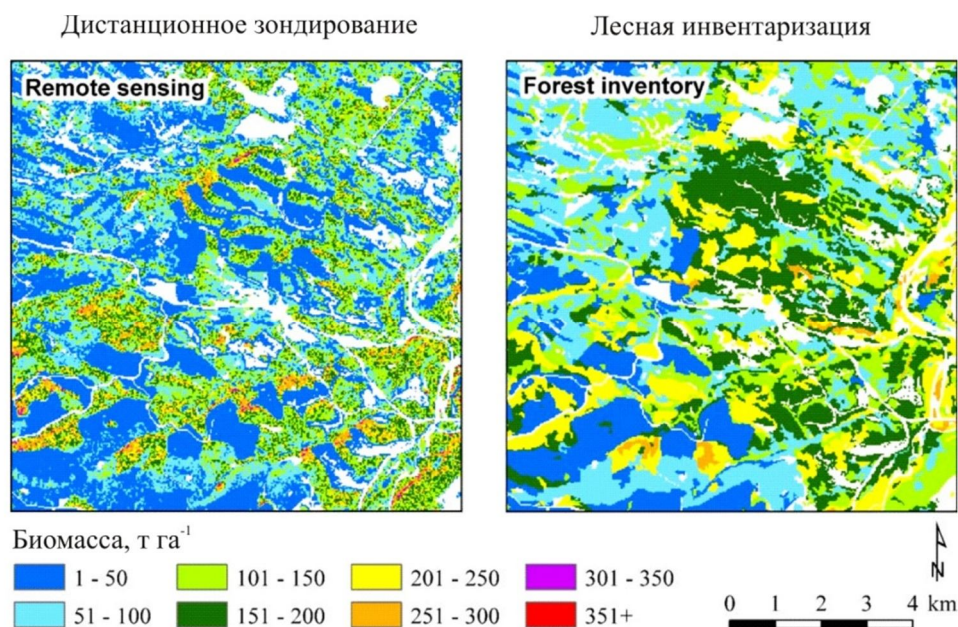


Рис. 1. Сравнение тематических карт биомассы лесов провинции Альберта, полученных по модели BioSTRUCT и данным лесной инвентаризации. На карте Landsat в верхней половине видны свежие вырубки, что подтверждается снижением биомассы (тёмно-синий цвет). В то же время, по данным лесной инвентаризации, в этой части расположены спелые насаждения (тёмно-зелёный цвет) с более высоким содержанием биомассы [21]

Аналогичный подход, основанный на моделировании методом линейной регрессии распределения средних высот лесного насаждения по данным наземной лесной инвентаризации и спектральным характеристикам каналов Landsat TM, был использован для оценки сукцессии в лесах Рондонии Бразилии [22]. Стадии сукцессии классифицировались по пороговым значениям модели методом управляемой классификации «дерево целей». Результаты исследования показали, что три стадии сукцессии (начальная, промежуточная и развитая) могут быть проклассифицированы с 79 % точностью пользователя, что является более высоким показателем в сравнении с методом максимального правдоподобия. На полученной тематической карте различные стадии сукцессии в основном распределены вдоль дорог (рис. 2). Низкие значения биомассы спелых лесов (LMF) наблюдаются в основном на бедных почвах и крутых склонах, которые по площади редко разбросаны среди преобладающих спелых лесов с высокой биомассой (HMF). В работе финских учёных показана методика картирования биомассы лесного покрова посредством комбинирования дан-

ных национальной инвентаризации лесов и спутниковых снимков среднего разрешения IRS-1C и Landsat-TM [23].

Картирование растительного покрова с целью оценки запасов углерода тропических лесов проводилось в различных регионах мира [24–26]. При этом особый интерес у исследователей имеют запас, фитомасса, средний диаметр, высота и возраст лесного насаждения, которые используются в качестве переменных в процессе поиска оптимальных алгоритмов для моделирования биомассы/углерода. Некоторые потенциальные методы для таких исследований, как пошаговый регрессионный анализ, корреляционный анализ и частных наименьших квадратов – Бутстреп алгоритм (Bootstrap Algorithm) широко используются при подборе необходимых переменных (вегетационные индексы, текстура, спектральная яркость и т.п.) в изучаемых моделях [27, 28]. Между тем, несмотря на широкое использование исследователями линейного регрессионного анализа в современных оценках биомассы (углерода) по спутниковым снимкам, получаемые результаты не отличаются высокой точностью [29, 30].

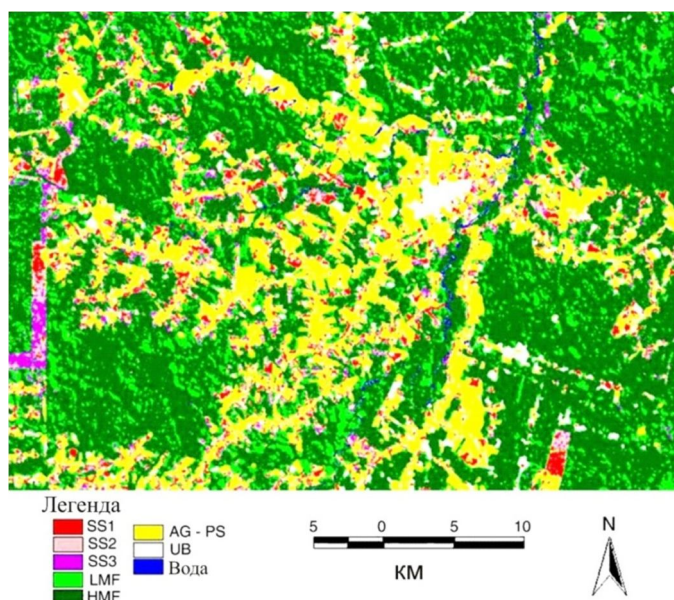


Рис. 2. Тематическая карта классификации сукцессии растительности в лесах Рондонии Бразилии. SS1, SS2 и SS3 представляют начальную, промежуточную и развитую стадии сукцессии леса; LMF и HMF показывают классы спелого леса с низкой и высокой густотой; AG-PS показывают сельскохозяйственные земли и пастбища; UB означает города, дороги и прочие земли

Оценка лесовосстановления и зарастающих лесом сельскохозяйственных земель. Данные дистанционного зондирования Landsat ETM+ были использованы для выявления потенциальных земель для лесовосстановления в Индии [31]. Существующие площади лесов были проклассифицированы с использованием индекса NDVI, в то время как влажность почв определялась на основании распределения индекса влажности почв SWI (Soil Wetness Index). Исследования показали, что от 13 до 23 % земель Индии имеют потенциал для активного лесовосстановления, а 53 % – под зарастание травяной растительностью.

Некоторые исследования зарубежных учёных проведены с целью картирования отдельных деревьев и их групп, произрастающих на сельскохозяйственных землях, по снимкам Landsat и Spot [32]. Методика работ основывалась на комбинации спектрального анализа и сегментации спутникового изображения. В Австралии по разновременным снимкам Landsat ETM+ (1989–2004 гг.) было определено зарастание сельскохозяйственных угодий сорной растительностью [33] на площади 29000 км² равнинных лугов. При картировании расти-

тельного покрова прогнозные модели изменений землепользования в значительной степени зависят от выбора пространственного масштаба [34, 35]. В большинстве случаев в таких работах основным методическим решением является приближение (сопряжение) значений переменных экосистемы с уровня полевых исследований до уровня ландшафта или региона [36–38].

Данные FAO (2011), полученные на основе системы спутников Landsat за 1999–2005 гг., свидетельствуют о том, что в отдельных регионах мира высокими темпами происходит снижение площади лесных земель, вызванное процессами их вырубki и стихийными бедствиями. За период с 1990 по 2000 гг. площадь лесных земель снижалась на 14,2 млн. га год⁻¹, а с 2000 по 2005 гг. это снижение составило 15,2 млн. га год⁻¹ (рис. 3). Сведённые площади лесов были частично восстановлены искусственными лесопосадками и естественным возобновлением. За период 1990–2000 гг. лесовосстановление составило 10,1 млн. га год⁻¹, а за 2000–2005 гг. оно достигло 8,8 млн. га год⁻¹. В результате чистое снижение лесных площадей за 15-тилетний период составило 72,9 млн. га, или примерно 10 га в минуту [39].

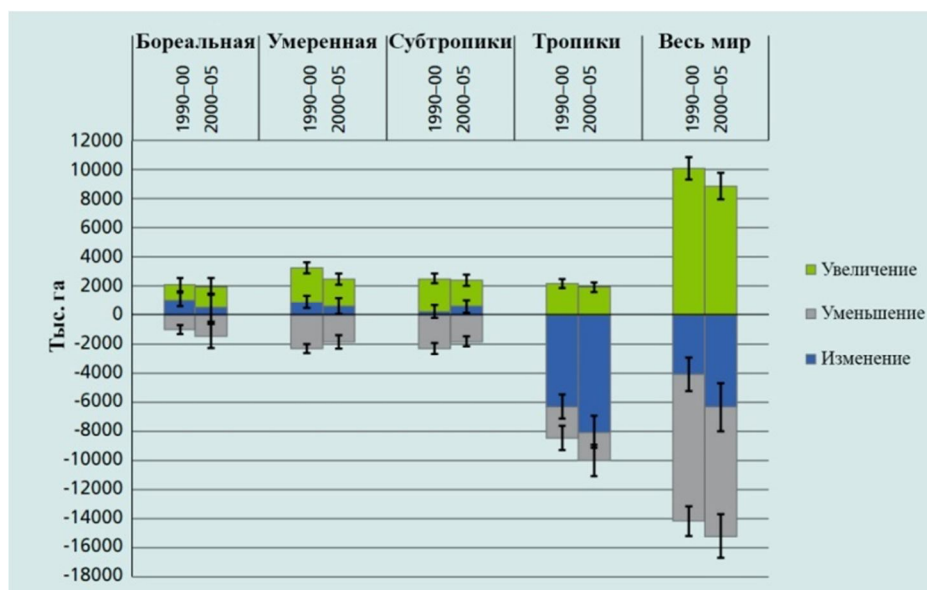


Рис. 3. Изменение площади лесов мира по природно-климатическим зонам (1990–2005 гг.)

Картирование лесных нарушений. В связи с нарушением пространственной структуры лесного фонда, неоднородностью рельефа и труднодоступностью отдельных площадей картирование больших территорий гарей традиционными методами представляет собой сложную задачу. Одним из методов дистанционной оценки площадей гарей и степени повреждения растительного покрова после пожара является использование индексов, полученных с разновременных снимков спутника Landsat. Многочисленные работы в этом направлении подтвердили значимость использования индексов, полученных на основе комбинирования видимого красного и ближнего инфракрасного спектральных каналов. Резкие колебания в сезонном цикле растительности, вызванные засухой и пожарами, часто приводят к аномальным траекториям их роста, что подтверждается мониторингом серии разновременных данных вегетационных индексов. Часто используемым в таких оценках, как с применением единовременных снимков, так и разновременных изображений (до и после пожара), является нормализованный разностный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [40, 41]. Значительно реже при оценках гарей применяются индексы гарей BAI (Burnt Area Index) и почвенный вегетационный SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) [42, 43]. В последние десятилетия при исследовании последствий пожаров на природные экосистемы и выявлении границ гарей широкое применение находит нормализованный индекс гарей (NBR – Normalized Burn Ratio) [44–46]. Большинство исследователей отмечает высокую степень корреляции индексов NBR и NDVI с данными полевых тестовых участков на нарушенных пожарами территориях.

Для территории Марийского лесного Заволжья тематическое картирование, генерализация и векторизация полигонов гарей 1972 и 2010 гг. на разновременных

спутниковых снимках Landsat проводились в ГИС-среде на основе нормализованного вегетационного индекса NDVI и разностного индекса гарей NBR, что позволило исключить субъективность при оценке результатов. Совмещение тематических карт гарей 1972 и 2010 гг. показало, что в определённой степени лесные пожары 2010 года были закономерно отмечены на тех же площадях и в районах Марийского лесного Заволжья, которые пострадали от пожаров в 1972 году [47].

Индекс NBR также используется в практической деятельности лесной службы США для оценки степени повреждения растительных экосистем от лесных пожаров на территории штатов тихоокеанского побережья [48]. Многие исследователи указывают на необходимость проведения долгосрочного мониторинга и разработки технологии по оценке реакции экосистемы на природные нарушения (засухи и пожары) по спутниковым снимкам [49–51].

Карта нарушений (вырубки, пожары) между 1990–2000 гг. для наземных экосистем Северной Америки (США и Канада) была разработана с использованием программы LEDAPS (Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System) и архива спутниковых снимков Landsat [52]. Результаты исследования свидетельствуют о том, что индекс нарушенности, рассчитанный на основе динамики изменений на снимках после преобразования Tasseled Cap («Колпачок с кисточкой»), ежегодно для территории США и Канады составляет 2–3 %.

Анализ научных публикаций по использованию изображений Landsat для решения задач по изучению растительного покрова в различных странах мира показывает высокую перспективность их применения для мониторинга лесов России. Выделенные направления исследований представляют собой обобщение большого числа научных работ, которые также могут быть использованы для решения более де-

тальных задач прикладного характера. Описанные в статье направления исследований на базе спутниковых изображений Landsat могут иметь принципиально новые возможности повышения точности мониторинга и оценок лесного покрова Российской Федерации на региональном и национальном уровне. При этом ретроспектива в исследованиях снимков Landsat позволит глубже понять происходящие процессы изменений в лесном покрове на основе современных положений по динамике биосферы и климата.

Выводы

1. Снимки Landsat являются важным информативным ресурсом для лесоустройства и лесной инвентаризации. Многочисленные исследования свидетельствуют о возможности дешифрирования среднего возраста, высоты и сомкнутости полога лесных насаждений по таким снимкам. Точность классификации при оценках дефолиации лесов может достигать 78 %.

2. Очень широкое применение снимки Landsat нашли в оценках биологической продуктивности и картировании рас-

тительного покрова в различных странах мира. Биомасса (депонированный углерод) успешно вычисляется на основе вегетационных индексов посредством комбинирования данных национальной инвентаризации и спутниковых изображений.

3. По данным зарубежных и отечественных учёных, тематическое картирование бывших сельскохозяйственных земель, зарастающих молодняком леса, может проводиться как на уровне региона, так и отдельных групп деревьев. Разновременные снимки Landsat широко используются ФАО для мониторинга за состоянием процессов лесовозобновления и лесовосстановления в различных регионах мира.

4. При выявлении нарушений (пожары, болезни) в лесном покрове по снимкам спутниковой системы Landsat применяются различные вегетационные индексы. В последние годы учёные при оценках лесных гарей стали применять нормализованный индекс гарей (NBR), позволяющий точно выявлять границы участков, нарушенных пожарами.

Работа выполнена в рамках тематического плана Министерства науки и образования РФ на 2014-2016 гг. «Пространственно-временной анализ состояния лесных экосистем по спутниковым снимкам».

Список литературы

1. Cohen, W.B. Estimating structural attributes of Douglas-fir/western hemlock forest stands from Landsat and Spot imagery / W.B. Cohen, T.A. Spies // Remote Sensing of Environment. – 1992. – № 41 (1). – Pp. 1–17.
2. Sivanpillai, R. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data / R. Sivanpillai, T.S. Charles, R. Srinivasan, M.G. Messina, X.B. Wu // Forest Ecology and Management. – 2006. – № 223. – Pp. 247–254.
3. Lefsky, M.A. An evaluation of alternate remote sensing products for forestry inventory, monitoring and mapping of Douglas-fir forests in eastern Oregon / M.A. Lefsky, W.B. Cohen, T.A. Spies // Canadian journal of forest research. – 2001. – № 31. – Pp. 78–81.
4. Heikkila, J. Estimating defoliation in boreal coniferous forests by combining Landsat TM, aerial photographs and field data / J. Heikkila, S. Nevalainen, T. Tokola // Forest ecology and Management. – 2002. – № 158. – Pp. 9–23.
5. Brockhaus, J.A. A comparison of Landsat TM and SPOT HRV data for use in the development of forest defoliation models / J.A. Brockhaus, S. Khorram, R.I. Bruck, M.V. Campbell, C. Stallings // International journal of remote sensing. – 1992. – № 13. – Pp. 3235–3240.
6. Ekstrand, S. Assessment of forest damage with Landsat TM: Correction for varying forest stand characteristics / S. Ekstrand // Remote Sensing of Environment. – 1994. – № 47(3). – Pp. 291–302.
7. Шевырногов, А.П. Анализ динамики отражательной способности хвойных и лиственных древостоев на территории Красноярского края по наземным спутниковым измерениям / А.П. Шевырногов, А.Ф. Сидько, М.Ю. Чернецкий, Г.С. Высоцкая // Исследование Земли из космоса. – 2006. – № 2. – С. 71–78.

8. *Lambert, N.J.* Spectral characterization and regression-based classification of forest damage in Norway spruce stands in the Czech Republic using Landsat Thematic Mapper data/ N.J. Lambert, J. Ardo, B.N. Rock, J.E. Vogelmann// International Journal of Remote Sensing. – 1995. – № 16(7). – Pp. 1261-1287.
9. *Royle, D.D.* Monitoring Hemlock Forest Health in New Jersey Using Landsat TM Data and Change Detection Techniques/ D.D. Royle, R.G. Lathrop//Forest Science. – 1997. – № 43. – Pp. 327-335.
10. *Jakubauskas, M.E.* Empirical relationships between structural and spectral factors of Yellowstone Lodgepole pine forests / M.E. Jakubauskas, K.P. Price // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1997. – № 63. – Pp. 1375-1381.
11. *Sivanpillai, R.* Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data/ R. Sivanpillai, T.S. Charles, R. Srinivasan, M.G. Messina, X.B. Wu // Forest Ecology and Management. – 2006. – № 223. – Pp. 247-254.
12. *Терехин, Э.А.* Анализ каналов спутниковых данных Landsat TM для оценки характеристик лесных насаждений лесостепной провинции средне-русской возвышенности / Э.А. Терехин // Исследование Земли из космоса. – 2012. – № 2. – С. 53-62.
13. *Жиринов, В.М.* Сезонная информативность многоспектральных космических снимков высокого разрешения при изучении породно-возрастной динамики лесов / В.М. Жирин, С.В. Князева, С.П. Эйдлина, Н.В. Зукерт// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – №1. – С. 87-94.
14. *Сочилова, Е.Н.* Анализ определения запасов древесных пород по спутниковым данным Landsat ETM / Е.Н. Сочилова, Д.В. Ершов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – №1. – С. 87-94.
15. *Cohen, W.B.* Estimating the age and structure of forests in a multi-ownership landscape of western Oregon, USA / W.B. Cohen, T.A. Spies, M. Fiorella // International Journal of Remote Sensing. – 1995. – № 16. – Pp. 721-746.
16. *Nilson, T.* Thinning-caused changes in reflectances of ground vegetation in boreal forest / T. Nilson, H. Olsson, J. Anniste, T. Lukk, J. Praks // International Journal of Remote Sensing. – 2001. – № 22. – Pp. 2763-2776.
17. *Курбанов, Э.А.* Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, С.А. Незамаев, А.В. Губаев, С.А. Лежнин, Ю.А. Полевщикова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3 (19). – С. 72-82.
18. *Елсаков, В.В.* Спутниковая съемка в оценке продуктивности экосистем Европейского Севера / В.В. Елсаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – № 1. – С. 87-94.
19. *Zheng, D.* Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA / D. Zheng, J. Rademacher, J. Chen, T. Crow, M. Bresee, J. Le Moine, S.R. Ryu // Remote sensing of environment. – 2004. – № 93. – Pp. 402-411.
20. *Tiwari, A.K.* Mapping forest biomass through digital processing of IRS-1A data / A.K. Tiwari // International journal of remote sensing. – 1994. – № 15. – Pp. 1849-1866.
21. *Hall, R.J.* Modelling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: application to mapping of aboveground biomass and stand volume/ R.J. Hall, R.S. Skakun, E.J. Arsenault, B.S. Case // Forest Ecology and Management. – 2006. – № 225. – Pp. 378-390.
22. *Lu, D.* Integration of vegetation inventory data and Landsat TM image for vegetation classification in the western Brazilian Amazon/ D. Lu // Forest Ecology and Management. – 2005. – № 213. – Pp. 369-383.
23. *Tomppo, E.* Simultaneous use of Landsat-TM and IRS-1C WiFS data in estimating large area tree stem volume and aboveground biomass / E. Tomppo, M. Nilsson, M. Rosengren, P. Aalto, P. Kennedy // Remote Sensing of Environment. – 2002. – № 82. – Pp. 156 – 171.
24. *Foody, G.M.* Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions / G.M. Foody, S. Doreen, D.S. Boyd, M.E.J. Cutler // Remote sensing of environment. – 2003. – № 85. – P. 463-474.
25. *Zheng, D.* Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA / D. Zheng, J. Rademacher, J. Chen, T. Crow, M. Bresee, J. Le Moine, S.R. Ryu // Remote sensing of environment. – 2004. – № 93. – Pp. 402-411.
26. *Myeong, S.* A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing/ S. Myeong, D.J. Nowak, M.J. Duggin // Remote Sensing of Environment. – 2006. – № 101. – Pp. 277-282.
27. *Xiaojun, X.* Estimation of aboveground carbon stock of Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens*) forest with a Landsat Thematic Mapper image / X. Xiaojun, D. Huaqiang, Z. Guomo, G. Hongli, S. Yongjun, Z. Yufeng, F. Weiliang, F. Wenyi // International Journal of Remote Sensing. – 2011. – № 32(5). – p.1431 – 1448.
28. *Hyypä, J.* Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes / J. Hyypä, H. Hyypä, M. Inkinen, M. Engdahl, S. Linko, Y.H. Zhu // Forest Ecology and Management. – 2000. – № 128. – Pp. 109-120.
29. *Foody, G.M.* Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their trans-

ferability between regions / G.M. Foody, S. Doreen, D.S. Boyd, M.E.J. Cutler // Remote sensing of environment. – 2003. – № 85. – Pp. 463–474.

30. *Labrecque, S.* A comparison of four methods to map biomass from Landsat-TM and inventory data in western Newfoundland / S. Labrecque, R.A. Fournier, J.E. Luther, D. Piercey // Forest Ecology and Management journal. – 2006. – № 226. – Pp. 129–144.

31. *Bhagat, V.S.* Use of Landsat ETM+ data for detection of potential areas for afforestation / V.S. Bhagat // International Journal of Remote Sensing // – 2009. – № 30(10). – Pp. 2607–2617.

32. *Levin, N.* Mapping forest patches and scattered trees from SPOT images and testing their ecological importance for woodland birds in a fragmented agricultural landscape / N. Levin, C. McAlpine, S. Phinn, B. Price, D. Pullar, R.P. Kavanagh, B.S. Law // International Journal of Remote Sensing. – 2009. – Vol. 30. – № 12. – Pp. 3147–3169.

33. *Lawes, R.A.* Monitoring an invasive perennial at the landscape scale with remote sensing / R.A. Lawes, J.F. Wallace // Ecological Management & Restoration. – 2008. – №9. – Pp. 53–59.

34. *Potapov, P.* Combining MODIS and Landsat imagery to estimate and map boreal forest cover loss/ P. Potapov, M.C. Hansen, S.V. Stehman, T.R. Loveland, K. Pittman // Remote Sensing of Environment. – 2008. – № 112(9). – Pp. 3708–3719.

35. *Курбанов, Э.А.* Оценка зарастания земель запаса Республики Марий Эл лесной растительностью по спутниковым снимкам / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, А.В. Губаев, и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 2(9). – С. 14–20.

36. *Cohen, W.B.* An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data / W.B. Cohen, T.K. Maersperger, S.T. Gower, D.P. Turner // Remote Sensing of Environment. – 2003. – № 84. – Pp. 561–571.

37. *Phillips, R.L.* Scaling-up knowledge of growing-season net ecosystem exchange for long-term assessment of North Dakota grasslands under the Conservation Reserve Program/ R.L. Phillips, O. Beeri // Global Change Biology. – 2008. – №14. – Pp. 1008–1017.

38. *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 Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (14). – С. 12–23.

39. *FAO, 2011.* Global forest land-use change from 1990 to 2005: initial results from a global remote sensing survey / Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. – 7 p.

40. *Escuin, S.* Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normal-

ized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images/ S. Escuin, R. Navarro, P. Fernandez // International Journal of Remote Sensing. – 2008. – № 29. – Pp. 1053–1073.

41. *Барталев, С.А.* Исследование возможностей оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений / С.А. Барталев, В.А. Егоров, А.М. Крылов, Ф.В. Стыценко, Т.С. Ховратович // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7, №3. – С. 215–225.

42. *Chuvieco, E.* Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination / E. Chuvieco, M.P. Martin, A. Palacios // International Journal of Remote Sensing. – 2002. – № 23. – Pp. 5103–5110.

43. *Wittenberg, L.* Spatial and temporal patterns of vegetation recovery following sequences of forest fires in a Mediterranean landscape Mt Carmel Israel / L. Wittenberg, D. Malkinson, O. Beeri, A. Halutzy, N. Tesler // Catena. – 2007. – № 71. – Pp. 76–83.

44. *Loboda, T.* Regionally adaptable dNBR-based algorithm for burned area mapping from MODIS data / T. Loboda, K.J. O'Neal, I. Csiszar // Remote Sensing of the Environment. – 2007. – № 109(4). – Pp. 429–442

45. *Lopez, G.M.J.* Mapping burns and natural reforestation using thematic mapper data / G.M.J. Lopez, V. Caseles // Geocarto International. – 1991. – № 6. – Pp. 31–37.

46. *Key, C.H.* Remote Sensing Measure of Severity: The Normalized Burn Ratio / C.H. Key, N.C. Benson // FIREMON Landscape Assessment (LA)/ - V4 Sampling and Analysis Methods. – 2004. – Pp. LA1–16.

47. *Воробьев, О.Н.* Дистанционный мониторинг лесных гарей в Марийском Заволжье / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, А.В. Губаев, и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1(15). – С. 12–22.

48. *Howard, S.M.* An evaluation of Gap-Filled Landsat SLC-Off imagery for wildland fire burn severity mapping / S.M. Howard, M.L. Lacasse // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 2004. – № 70. – Pp. 877–879.

49. *Спивак, Л.Ф.* Мониторинг долговременных изменений растительного покрова аридных и полуаридных зон Казахстана с использованием данных дистанционного зондирования/ Л.Ф. Спивак, И.С. Витковская, А.Г. Терехов, М.Ж. Батырбаева // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т.8, № 1. – С. 163–169.

50. *Лузян, Е.А.* Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега»)/ Е.А. Лузян, И.Ю. Савин, С.А. Барталев, В.А. Толпин, И.В. Балашов, Д.Е. Плотноков // Современ-

ные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8, № 1. – С. 190–198.

51. Курбанов, Э.А. Дистанционный мониторинг динамики нарушений лесного покрова, лесовозобновления и лесовосстановления в Марийском Заповье / Э.А. Курбанов, Т.В. Нуреева, О.Н. Воробьев, и др. // Вестник Марийского государственного

технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3 (13). – С. 17-24.

52. Masek J.G. North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record / J.G. Masek, C. Huang, R. Wolfe, W. Cohen, F. Hall, J. Kutler, P. Nelson. Remote Sensing of Environment. – 2008. – № 112. – P. 2914–2926.

Статья поступила в редакцию 18.11.13.

КУРБАНОВ Эльдар Аликрамович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, руководитель международного Центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – устойчивое управление лесами, дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем, депонирование углерода лесными экосистемами, леса Киото. Автор более 120 научных и учебно-методических работ.

E-mail: kurbanovea@volgatech.net

ВОРОБЬЕВ Олег Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – дистанционное зондирование лесов, депонирование углерода лесными экосистемами, мониторинг лесных экосистем. Автор более 50 научных и учебно-методических работ.

E-mail: vorobievon@volgatech.net

ГУБАЕВ Александр Владимирович – аспирант кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор более 20 публикаций.

E-mail: galex@volgatech.net

ЛЕЖНИН Сергей Анатольевич – инженер Центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор более 10 публикаций.

E-mail: lejninsa@volgatech.net

ПОЛЕВЩИКОВА Юлия Александровна – аспирант кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор более 15 публикаций.

E-mail: polevshikovaya@volgatech.net

ДЕМИШЕВА Екатерина Николаевна – магистрант кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – дистанционное зондирование лесов, оценка загрязнённых территорий.

E-mail: kls@volgatech.net

KURBANOV Eldar Alikramovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forestry, Head of the Centre of Sustainable Forest Management and Remote Sensing, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – sustainable forest management, remote sensing, biological productivity of forest ecosystems, carbon sequestration by the forest ecosystems, Kyoto forests. The author of more than 120 scientific publications and textbooks.

E-mail: kurbanovea@volgatech.net

VOROBYEV Oleg Nikolayevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair Forestry, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – forest remote sensing, carbon sequestration by the forest ecosystems, forest ecosystems monitoring. The author of more than 50 scientific publications and textbooks.

E-mail: vorobievon@volgatech.net

GUBAYEV Aleksandr Vladimirovich – Graduate student of the forestry department, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interest – forest remote sensing, biological productivity of forest ecosystems. The author of more than 20 research publications.

E-mail: galex@volgatech.net

LEZHININ Sergey Anatolyevich – Specialist of the Centre of sustainable forest management and remote sensing, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interest – forest remote sensing, biological productivity of forests. The author of more than 30 publications.

E-mail: lejninsa@volgatech.net

POLEVSHCHIKOVA Yuliya Alexandrovna – Graduate student at the Chair of Forestry, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interest – remote sensing, biological productivity of forest ecosystems. The author of more than 20 publications.

E-mail: polevshikovaya@volgatech.net

DEMISHEVA Ekaterina Nikolayevna – Master's Student at the Chair Forestry, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interest – forest remote sensing, assessment of contaminated and polluted land.

E-mail: kls@volgatech.net

*E. A. Kurbanov, O. N. Vorobyev, A. V. Gubayev,
S. A. Lezhnin, Y. A. Polevshikova, E. N. Demisheva*

FOUR DECADES OF FOREST RESEARCH WITH THE USE OF LANDSAT IMAGES

Key words: Landsat satellite images; GIS; remote sensing; monitoring of forests; thematic mapping; forest stands.

ABSTRACT

The paper presents a review of the main research directions of the Earth forest cover based on the use of USGS Landsat Global Archive. The questions of the use of the satellite images for the thematic mapping of forest ecosystems, estimation of their conditions, modeling of biological productivity and detecting of disturbances were examined. The analyses of different methods of detecting multi temporal Landsat images and possibilities of their potential use for the long term monitoring of Russian forests on the regional and national levels were carried out. The research represents systematization of foreign and Russian publications concerning the touched questions. The Landsat images could be used in detecting of the forest characteristics (average age, height, diameter on the breast height and basal area), as well for the forest inventory and management. Several examples of such research publications were discussed in the paper. The defoliation in the forests of the different regions of the world was studied. The thematic mapping of the Landsat images showed that the accuracy assessment of the forest cover classification with such processes varies between 64 and 78%. Important part of the Landsat use is the research on estimation and mapping of biological productivity (carbon) in forest stands all over the world. The vegetation indexes (NDVI, SVI) and dendrometry parameters of the forests are important mechanisms in this respect. Special part of the research activities are dedicated to the estimation of afforestation and reforestation on the abandoned agricultural lands. Meanwhile FAO reports based on the Landsat images assessments show decrease in forest lands due to extensive forest cuttings and catastrophic nature disasters. Recently, estimations of burnt forest areas are based on the wide use of BAI (Burnt Area Index), NBR (Normalized Burn Ratio) and SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index). The research showed high capacity of Landsat archive images for the increasing of accuracy for the monitoring of forest cover in Russian Federation on regional and national levels.

References

1. Cohen W.B., Spies T.A. Estimating structural attributes of Douglas-fir/western hemlock forest stands from Landsat and Spot imagery. *Remote Sensing of Environment*. 1992. No 41 (1). Pp. 1–17.
2. Sivanpillai R., Charles T.S., Srinivasan R., Messina M.G., Wu X.B. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data. *Forest Ecology and Management*. 2006. No 223. Pp. 247–254.
3. Lefsky M.A., Cohen W.B., Spies T.A. An evaluation of alternate remote sensing products for forestry inventory, monitoring and mapping of Douglas-fir forests in eastern Oregon. *Canadian journal of forest research*. 2001. No 31. Pp. 78–81.
4. Heikkilä J., Nevalainen S., Tokola T. Estimating defoliation in boreal coniferous forests by combining Landsat TM, aerial photographs and field data. *Forest ecology and Management*. 2002. No 158. Pp. 9–23.
5. Brockhaus J.A., Khorram S., Bruck R.I., Campbell M.V., Stallings C. A comparison of Landsat TM and SPOT HRV data for use in the development of forest defoliation models. *International journal of remote sensing*. 1992. No 13. Pp. 3235–3240.
6. Ekstrand S. Assessment of forest damage with Landsat TM: Correction for varying forest stand characteristics. *Remote Sensing of Environment*. 1994. No 47(3). Pp. 291–302.
7. Shevyrnogov A.P., Sidko A.F., Chernetskiy M.Yu., Vysotskaya G.S. Analiz dinamiki otrazhatel'noy sposobnosti khvoynykh i listvennykh drevostoev na territorii Krasnoyarskogo kraya po nazemnym sputnikovym izmeneniyam [Analysis of Dynamics of Reflectivity of Softwood and Hardwood Forests at the Krasnoyarsk Territory by Terrestrial Satellite Observations]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Exploration from Space]*. 2006. No 2. Pp. 71–78.
8. Lambert N.J., Ardo J., Rock B.N., Vogelmann J.E. Spectral characterization and regression-based classification of forest damage in Norway spruce stands in the Czech Republic using Landsat Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*. 1995. No 16(7). Pp. 1261–1287.
9. Royle D.D., Lathrop R.G. Monitoring Hemlock Forest Health in New Jersey Using Landsat TM Data and Change Detection Techniques. *Forest Science*. 1997. No 43. Pp. 327–335.
10. Jakubauskas M.E., Price K.P. Empirical relationships between structural and spectral factors of Yellowstone Lodgepole pine forests. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1997. No 63. Pp. 1375–1381.
11. Sivanpillai R., Charles T.S., Srinivasan R., Messina M.G., Wu X.B. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data. *Forest Ecology and Management*. 2006. No 223. Pp. 247–254.
12. Terekhin E.A. Analiz kanalov sputnikovykh dannykh Landsat TM dlya otsenki kharakteristik lesnykh nasazhdeniy lesostepnoy provintsii srednerusskoy vozvyshennosti [Analysis of Channels of Landsat TM Satellite Data for Assessment of Characteristics of Plantations in Forest-Steppe Region in Central Russian Upland]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Exploration from Space]*. 2012. No 2. Pp. 53–62.
13. Zhirin V.M., Knyazeva S.V., Eydlina S.P., Zukert N.V. Sezonnaya informativnost mnogospespektal'nykh kosmicheskikh snimkov vysokogo razresheniya pri izuchenii porodno-vozrastnoy dinamiki lesov [Seasonal Information Content of Multispectral Space Images of High Resolution under Study of Species-Age Dynamics of Forests]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Earth Remote Sounding from Space]*. 2012. No 1. Pp. 87–94.
14. Sochilova E.N., Ershov D.V. Analiz opredeleeniya zapasov drevesnykh porod po sputnikovym dannym Landsat ETM [Analysis of Estimate of Volume of Woody Species by Landsat ETM Satellite Data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Earth Remote Sounding from Space]*. 2012. No 1. Pp. 87–94.
15. Cohen W.B., Spies T.A., Fiorella M. Estimating the age and structure of forests in a multi-ownership landscape of western Oregon, USA. *International Journal of Remote Sensing*. 1995. No 16. Pp. 721–746.
16. Nilson T., Olsson H., Anniste J., Lukk T., Praks J. Thinning-caused changes in reflectances of ground vegetation in boreal forest. *International Journal of Remote Sensing*. 2001. No 22. Pp. 2763–2776.
17. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Nezamaev S.A., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Polevshchikova Yu.A. Tematicheskoe kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolz'ya po sputnikovym snimkam Landsat [Thematic Mapping and Stratification of Mari Forests by Landsat Satellite Data]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]*. 2013. No 3 (19). P. 72–82.
18. Elsakov V.V. Sputnikovaya semka v otsenke produktivnosti ekosistem Evropeyskogo Severa [Satellite Observations Ecosystems Productivity Assessment in the North of Russia]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Earth Remote Sounding from Space]*. 2012. No 1. Pp. 87–94.
19. Zheng D., Rademacher J., Chen J., Crow T., Bresee M., Moine J. Le, Ryu S.R. Estimating above-ground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. *Remote sensing of environment*. 2004. No 93. Pp. 402–411.

20. Tiwari A.K. Mapping forest biomass through digital processing of IRS-1A data. *International journal of remote sensing*. 1994. No 15. Pp. 1849–1866.
21. Hall R.J., Skakun R.S., Arsenault E.J., Case B.S. Modelling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: application to mapping of aboveground biomass and stand volume. *Forest Ecology and Management*. 2006. No 225. Pp. 378–390.
22. Lu D. Integration of vegetation inventory data and Landsat TM image for vegetation classification in the western Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*. 2005. No 213. Pp. 369–383.
23. Tomppo E., Nilsson M., Rosengren M., Aalto P., Kennedy P. Simultaneous use of Landsat-TM and IRS-1C WiFS data in estimating large area tree stem volume and aboveground biomass. *Remote Sensing of Environment*. 2002. No 82. Pp. 156–171.
24. Foody G.M., Doreen S., Boyd D.S., Cutler M.E.J. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. *Remote sensing of environment*. 2003. No 85. Pp. 463–474.
25. Zheng D., Rademacher J., Chen J., Crow T., Bresee M., Moine J. Le, Ryu S.R. Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. *Remote sensing of environment*. 2004. No 93. Pp. 402–411.
26. Myeong S., Nowak D.J., Duggin M.J. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 2006. No 101. Pp. 277–282.
27. Xiaojun X., Huaqiang D., Guomo Z., Hongli G., Yongjun S., Yufeng Z., Weiliang F., Wenyi F. Estimation of aboveground carbon stock of Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens*) forest with a Landsat Thematic Mapper image. *International Journal of Remote Sensing*. 2011. No 32(5). Pp. 1431–1448.
28. Hyypä J., Hyypä H., Inkinen M., Engdahl M., Linko S., Zhu Y.H. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. *Forest Ecology and Management*. 2000. No 128. Pp. 109–120.
29. Foody G.M., Doreen S., Boyd D.S., Cutler M.E.J. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. *Remote sensing of environment*. 2003. No 85. Pp. 463–474.
30. Labrecque S., Fournier R.A., Luther J.E., Piercey D. A comparison of four methods to map biomass from Landsat-TM and inventory data in western Newfoundland. *Forest Ecology and Management journal*. 2006. No 226. Pp. 129–144.
31. Bhagat, V.S. Use of Landsat ETM+ data for detection of potential areas for afforestation. *International Journal of Remote Sensing*. 2009. No 30(10). Pp. 2607–2617.
32. Levin N., McAlpine C., Phinn S., Price B., Pullar D., Kavanagh R.P., Law B.S. Mapping forest patches and scattered trees from SPOT images and testing their ecological importance for woodland birds in a fragmented agricultural landscape. *International Journal of Remote Sensing*. 2009. Vol. 30. No 12. Pp. 3147–3169.
33. Lawes R.A., Wallace J.F. Monitoring an invasive perennial at the landscape scale with remote sensing. *Ecological Management & Restoration*. 2008. No 9. Pp. 53–59.
34. Potapov P., Hansen M.C., Stehman S.V., Loveland T.R., Pittman K. Combining MODIS and Landsat imagery to estimate and map boreal forest cover loss. *Remote Sensing of Environment*. 2008. No 112(9). Pp. 3708–3719.
35. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Gubaev A.V. Otsenka zarastaniya zemel zapasa Respubliki Mariy El lesnoy rastitelnostu po sputnikovym snimkam [Assessment of Reserve Lands Overgrowing in Mari Republic by Forest Vegetation by Satellite Images]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 2(9). Pp. 14–20.
36. Cohen W.B., Maersperger T.K., Gower S.T., Turner D.P. An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data. *Remote Sensing of Environment*. 2003. No 84. Pp. 561–571.
37. Phillips R.L., Beerli O. Scaling-up knowledge of growing-season net ecosystem exchange for long-term assessment of North Dakota grasslands under the Conservation Reserve Program. *Global Change Biology*. 2008. No 14. Pp. 1008–1017.
38. Denisov S.A., Kalinin K.K., Besschetnov V.P., Demicheva N.V., Batukhtina T.S., Samodelkina V.V. Problemy vosproizvodstva osnovnykh lesov Srednego Povolzya [Problems of Pine Forests Reproduction in the Middle Volga]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. No 1. Pp. 12–23.
39. FAO, 2011. Global forest land-use change from 1990 to 2005: initial results from a global remote sensing survey. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. 7 p.
40. Escuin S., Navarro R., Fernandez P. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing*. 2008. No 29. Pp. 1053–1073.
41. Bartalev S.A., Egorov V.A., Krylov A.M., Stytsenko F.V., Khovratovich T.S. Issledovanie vozmozhnostey otsenki sostoyaniya povrezhdennykh pozhamami lesov po dannym mnogospektralnykh sput-

nikovykh izmereniy [Study of Estimability of Destroyed Forests by Fires by the Data of Multispectral Satellite Observations]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Earth Remote Sounding from Space]. 2010. No3. Pp. 215-225.

42. Chuvieco E., Martin M.P., Palacios A. Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*. 2002. No 23. Pp. 5103–5110.

43. Wittenberg L., Malkinson D., Beer O., Halutz A., Tesler N. Spatial and temporal patterns of vegetation recovery following sequences of forest fires in a Mediterranean landscape Mt Carmel Israel. *Catena*. 2007. No 71. Pp. 76–83.

44. Loboda T., O'Neal K.J., Csiszar I. Regionally adaptable dNBR-based algorithm for burned area mapping from MODIS data. *Remote Sensing of the Environment*. 2007. No 109(4). Pp. 429-442.

45. Lopez G.M.J., Caseles V. Mapping burns and natural reforestation using thematic mapper data. *Geocarto International*. 1991. No 6. Pp. 31-37.

46. Key C.H., Benson N.C. Remote Sensing Measure of Severity: The Normalized Burn Ratio. *FIREMON Landscape Assessment (LA)*. V4 Sampling and Analysis Methods. 2004. Pp. LA1-16.

47. Vorobyev O.N., Kurbanov E.A., Gubaev A.V. Distantsionnyy monitoring lesnykh garey v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Forest Burns in Mari Forests]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. No 1(15). Pp. 12-22.

48. Howard S.M., Lacasse M.L. An evaluation of Gap-Filled Landsat SLC-Off imagery for wildland fire

burn severity mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 2004. No 70. Pp. 877–879.

49. Spivak L.F., Vitkovskaya I.S., Terekhov A.G., Batyrbaeva M.Zh. Monitoring dolgovremennykh izmeneniy rastitelnogo pokrova aridnykh i poluaridnykh zon Kazakhstana s ispolzovaniem dannykh distantsionnogo zondirovaniya [Monitoring of Long-Term Changes of Vegetation Cover of Arid and Semi-Arid Zones in Kazakhstan with the Use of Remote Sensing Data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Earth Remote Sounding from Space]. 2011. Vol.8, No 1. Pp. 163-169.

50. Lupyan E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E. Sputnikovyy servis monitoring sostoyaniya rastitelnosti («Vega») [Satellite Service Monitoring of Vegetation Condition («Vega»)]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Earth Remote Sounding from Space]. 2011. Vol. 8. No 1. Pp. 190-198.

51. Kurbanov E.A., Nureeva T.V., Vorobyev O.N. Distantsionnyy monitoring dinamiki narusheniy lesnogo pokrova, lesovozobnovleniya i lesovoss-tanovleniya v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Dynamics of Break of Forest Cover, Forest Restoration and Forest Regeneration in Mari Region]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. No 3 (13). Pp. 17-24.

52. Masek J.G., Huang C., Wolfe R., Cohen W., Hall F., Kutler J., Nelson P. North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record. *Remote Sensing of Environment*. 2008. No 112. Pp. 2914 – 2926.

УДК 630*237.2:582:475(470.13)

В. В. Пахучий, Л. М. Пахучая

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ

Приведены результаты исследований в насаждениях на объектах гидролесомелиорации в Троицко-Печорском и Корткеросском лесничествах Республики Коми. Выполнена оценка возможности использования вегетационных индексов (NDVI – нормализованный разностный индекс растительности и LWCI – индекс содержания влаги в листьях) при гидролесомелиоративных исследованиях.

Ключевые слова: Республика Коми; гидролесомелиорация; вегетационные индексы.

Введение. Регулирование водного режима почв путём осушения является важной составляющей лесоводственных систем в таёжной зоне. Совершенствование методов и способов гидротехнических мелиораций возможно на основе региональных исследований, базирующихся, в свою очередь, на сочетании традиционных и современных методов изучения влияния осушения на водный режим почв, рост леса, окружающую среду и т.д.

В работе приведены результаты исследований на объектах гидромелиорации с произрастающими на них смешанными насаждениями с преобладанием тёмнохвойных пород. Наряду с лесоводственно-таксационными методами в работе использованы элементы спутниковых технологий. Дистанционные методы находят применение при изучении структуры и производительности лесных фитоценозов, для оценки санитарного состояния лесов, их инвентаризации и др. При этом достаточно широко используются спектральные или вегетационные индексы, рассчитываемые или представляемые в виде

изображений на основе комбинации значений яркости в отдельных каналах, информативных для выделения и исследования изучаемого объекта. В настоящее время известно около 160 вариантов вегетационных индексов. Одним из наиболее часто используемых индексов является индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный разностный индекс растительности) [1]. В большинстве случаев вегетационные индексы являются относительными показателями, зависящими от большого количества факторов. Тем не менее, их использование при изучении растительности, в том числе древесной, при оценках воздействия хозяйственных мероприятий и выбросов промышленных предприятий на лесные фитоценозы, считается перспективным направлением исследований [2–5].

Целью работы являлась оценка возможности использования индексов NDVI и LWCI (Leaf Water Content Index – индекс содержания влаги в листьях) при гидролесомелиоративных исследованиях.

© Пахучий В. В., Пахучая Л. М., 2014.

Ссылка на статью: Пахучий В. В., Пахучая Л. М. Опыт использования вегетационных индексов при комплексных исследованиях на объектах гидролесомелиорации // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 33-41.

Методика и объекты. Объекты исследования представлены участками в Нижне-Омринском участковом лесничестве Троицко-Печорского лесничества Республики Коми, на которых в 1989 году было выполнено осушение. Ценность объекта заключается в том, что он занимает крайнее восточное положение на европейской части России, и, таким образом, позволяет более полно представить пространственную изменчивость лесоводственной эффективности гидротехнической мелиорации на данной территории. Кроме этого, в составе насаждений здесь представлен кедр сибирский. Объект труднодоступен, что свидетельствует о целесообразности использования при исследовании насаждений дистанционных методов. Характеристика древостоев элементов леса, ярусов, общая характеристика насаждений, естественного возобновления и осушительной сети на опытных объектах приводились ранее [6]. Фрагмент таксационного описания и возобновления на объектах лесосушения приведён в табл. 1, 2. Для сравнения использовали данные, полученные на гидролесомелиоративном стационаре в

Корткеросском лесничестве, где осушение выполнено в 1976 году. Характеристика насаждений стационара приводилась в связи с оценкой лесоводственной эффективности гидромелиорации в Республике Коми [7].

В данной работе (в дополнение к опытным объектам с выполненными на них лесоводственными и таксационными исследованиями в Троицко-Печорском лесничестве) было выбрано три межканальных промежутка с различным расстоянием между регулируемыми осушителями. На выбранных межканальных пространствах были рассчитаны вегетационные индексы для участков, удалённых от каналов на различном расстоянии. В Троицко-Печорском лесничестве использованы снимки спутника Landsat для дат: 30.07.1992 г. и 19.07.1999 г., т.е. съёмка выполнена через 3 и 10 лет после строительства осушительной сети, при исследованиях в Корткеросском лесничестве использовали снимок 25.06.2009 г., т.е. съёмка выполнена через 33 года после осушения. Космоснимки прошли предварительную обработку, в том числе геометрическую коррекцию.

Таблица 1

Состав и общая таксационная характеристика насаждений

Состав	Запас общий, м ³ /га	Класс возраста	Класс бонитета по М.М. Орлову	Тип леса по В.Н. Сукачеву
I 5К _{д1} 5Б II 10Е	137	X	IV	Е. долгомошный
I 10К _{д1} II 5Е5Б ед.Пх	52	VIII	V	Е. долгомошный
I 4К _{д1} 6Б II 10Е ед.К _{дII}	123	IX	Vб	Е. осоко-сфагновый
I 10К _{д1} II 8Е2Б ед.К _{дII}	84	VIII	Vб	Е. сфагновый
I 5К _{д1} 5Б II 10Е	202	IX	Va	Е. долгомошный
I 9Е1Б ед.К _{д1}	136	IX	Vб	Е. долгомошный
I 8Б2С II 9Е1К _{дII}	132	IX	Vб	Е. осоко-сфагновый
I 10Б II 1К _{д1} 9Е+Пх	240	IX	Va	Е. долгомошный

Примечание: Е – ель; С – сосна; Б – береза; Пх – пихта; К_{д1} – кедр первого (старшего) поколения; К_{дII} – кедр второго (младшего) поколения.

Таблица 2

Характеристика естественного возобновления на опытных участках

Состав	Густота по породам, тыс.шт./га				Общая густота, тыс.шт./га
	ель	пихта	кедр	береза	
7Е1Кд2Б	3,6 м		0,8 м	1,0 к	5,4
5Е2Кд3Б	2,5 м		0,8 м	1,6 к	4,9
9Е1Кд	0,8 с		0,1 м		0,9
6Е1Пх2Кд1Б	0,5 к	0,1 м	0,1 к	0,1 м	0,8
6Е4Б	1,0 к			0,7 м	1,7
7Е1Пх1Кд1Б	1,3 с	0,1 м	0,1 м	0,2 м	1,7
5Е4Кд1Б	1,3 с		0,9 м	0,3 к	2,5
4Е1Пх4Кд1Б	2,1 м	0,6 с	1,8 м	0,6 м	5,1

Примечание: Е – ель; Кд – кедр; Пх – пихта; Б – берёза; м – мелкий подрост (высота до 0,5 м); с – средний подрост (высота от 0,51 до 1,50 м); к – крупный подрост (высота более 1,50 м).

Расчёт индекса NDVI выполнен по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED), \quad (1)$$

где NIR – значение отражения в ближней инфракрасной области спектра; RED – значение отражения в красной области спектра.

Индекс содержания влаги в листьях (LWCi – Leaf Water Content Index) рассчитан по формуле [8]:

$$LWCi = -\ln[1 - (NIR - MIR_1) / 255], \quad (2)$$

где MIR₁ – значение отражения в средней инфракрасной области спектра.

Для работы в среде ГИС и получения значений пикселей использовали открытую географическую информационную систему Quantum GIS (QGIS). Необходимо учитывать, что ряды пикселей не обязательно ориентированы по направлению осушительных каналов, вдоль длинных сторон пробных площадей или границ зон с близким лесоводственным эффектом осушения. В связи с этим предлагается рассчитывать средневзвешенное значение яркости через площадь частей пикселей, составляющих пробную площадь [9]. В данном случае использовали значения целых пикселей в соответствующих спектральных каналах в границах пробных площадей или ряды пикселей, расположенных на различном расстоянии от осушительных каналов. Аналогичный подход был принят при выявлении медленных изме-

нений в лесах, когда в пределах изучаемых участков выделялись площади размером 2–6 пикселей [10]. Учитывая реальные размеры пробных площадей, в данном случае ограничивались 2–3 пикселями. При разрешении используемых снимков 30 м площадь опытного участка составляла 0,18–0,27 га. Удаление рядов пикселей от осушительных каналов определяли по кратчайшему расстоянию от их центров до каналов с использованием инструмента QGIS «Измерить линию».

Результаты и обсуждение. В работе приведены количественные оценки индексов NDVI и LWCi на объекте исследования (табл. 3), их изменение в зависимости от положения участка на межканальной полосе, показатели связи между этими индексами и отдельными таксационными характеристиками насаждений.

Согласно данным табл. 3, индекс NDVI изменяется от 0,36 до 0,50. Это меньше оценок NDVI для ельников, полученных по аналогичным снимкам в рассматриваемом районе в связи с исследованием роли рельефа в формировании растительности карстовых ландшафтов европейского Северо-Востока России [11]. Однако необходимо учитывать, что в этом случае рассматривались насаждения на естественно дренированных участках, тогда как объекты исследования представлены заболоченными участками, а интенсивность их осушения невысокая.

Таблица 3

Индексы NDVI и LCWI на опытных объектах по данным съёмки 1992 и 1999 гг.

Серия опытных участков	Даты съёмки			
	30.07.1992 г.		19.07.1999 г.	
	NDVI	LCWI	NDVI	LCWI
1	0,43-0,50	0,031-0,052	0,40-0,49	0,12-0,19
2	0,42-0,49	0,010-0,048	0,42-0,46	0,13-0,16
3	0,43-0,50	-0,004-0,048	0,36-0,43	0,12-0,16
4	0,42-0,47	0,002-0,061	0,40-0,44	0,13-0,17

Индекс LCWI изменяется от -0,004 до 0,17. Это более высокие показатели по сравнению, например, с оценками, полученными для заболоченных участков, лугов, ивняков и тундровых сообществ в условиях зоны тундры [8].

В результате изучения изменения индекса NDVI на межканальных пространствах установлено следующее. В 1992 году, т.е. через три года после осушения, связь между индексом NDVI и расстоянием до канала слабая отрицательная недостоверная ($R=0,07$; $R_{0,05}=0,37$; $N=29$). В 1999 году, т.е. через 10 лет после строительства осушительной системы, связь между рассматриваемыми показателями также отрицательная, но близкая к средней по тесноте, достоверная на 10 % уровне значимости ($R=0,35$; $R_{0,05}=0,37$; $R_{0,10}=0,32$; $N=29$). Это согласуется с представлением о данном индексе как относительной характеристике фитомассы, количественные оценки которой при выраженном лесоводственном эффекте осушения должны быть больше вблизи каналов.

Для оценки возможного влияния на изменчивость индекса NDVI на объекте гидромелиорации мощности торфа использовали данные, полученные на гидрорелесомелиоративном стационаре в Корткеросском лесничестве (табл.4).

Анализ данных табл. 4 показывает, что при выравнивании выборки включённых в анализ пробных площадей по мощности торфа коэффициент корреляции и коэффициент регрессии увеличивается. Коэффициент корреляции между индексом NDVI и расстоянием до ближнего канала достигает 0,63 и достоверен на 5 % уровне значимости. В рассмотренных случаях коэффициенты регрессии отрицательные. Однако, учитывая тенденцию уменьшения коэффициента регрессии по абсолютной величине с увеличением диапазона мощности торфа, можно допустить, что при определённой комбинации опытных объектов коэффициенты регрессии могут принять положительное значение. Индекс NDVI недостоверно или слабо достоверно на 5 % уровне значимости

Таблица 4

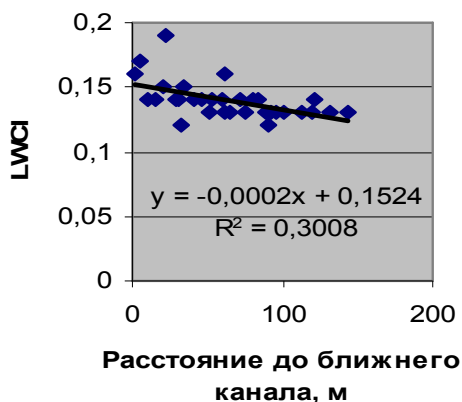
Зависимость NDVI от удаления до осушительных каналов (м) при различной мощности торфа (м)

Показатель		N	R^2	R	$R_{0,05}$	$R_{0,10}$	Коэффициенты уравнения $Y=AX+B$		Мощность торфа, м
X	Y						A	B	
L	NDVI	12	0,395	0,63	0,58	0,50	-0,00080	0,5407	0,15–0,25
L	NDVI	19	0,245	0,50	0,46	0,39	-0,00050	0,5281	0,15–0,30
L	NDVI	25	0,056	0,24	0,40	0,33	-0,00020	0,5157	0,15–0,40
L	NDVI	32	0,008	0,09	0,35	0,32	-0,00009	0,5083	0,15–0,60
T	NDVI	19	0,083	0,29	0,46	0,39	-0,09240	0,5340	0,15–0,30
T	NDVI	32	0,137	0,37	0,35	0,32	-0,04880	0,5221	0,15–0,60

Примечание: L, м – расстояние до ближнего канала; NDVI – нормализованный разностный индекс растительности; N – повторность опыта (количество пробных площадей); R – коэффициент корреляции.

зависит от мощности торфа. В то же время необходимо учитывать, что в данном случае дифференцирование опытных объектов в выборках по расстоянию до осушительных каналов не выполнялось. Видимо, при выравнивании выборки по признаку «расстояние до осушительных каналов» можно ожидать усиления связи между индексом NDVI и мощностью торфа.

Для индекса LWCI, характеризующего содержание влаги в листьях, связь с расстоянием до канала через три года после осушения (1992 г.) в Троицко-Печорском лесничестве достоверная положительная ($R=0,44$; $R_{0,05}=0,37$; $N=29$), а через 10 лет после строительства осушительной сети (1999 г.) – достоверная отрицательная ($R=0,55$; $R_{0,05}=0,37$; $N=29$) (см. рис.). При объяснении различной



Изменение индекса LWCI при удалении от каналов в 1999 г.

направленности связи между рассматриваемыми показателями, видимо, можно допустить следующее. Осушение выполнено на участках с насаждениями высокого возраста (табл. 1). В первые годы после осушения у старых деревьев, произрастающих вблизи каналов, может наблюдаться стрессовое состояние, выраженное в большей степени, чем у деревьев на середине межканального пространства, где уровни воды после осушения опускаются на меньшую глубину, поэтому вблизи ка-

налов индексы LWCI меньше, чем на середине межканальной полосы. С течением времени после осушения происходит адаптация деревьев к изменившемуся водному режиму почв, вблизи каналов формируется более густое возобновление. В результате вблизи каналов индексы LWCI больше, чем на середине межканальной полосы.

Необходимо учитывать, что так же, как и NDVI, индекс LWCI является относительной оценкой, зависящей от условий и времени съёмки, освещённости, состояния атмосферы, разрешения сенсора, ширины спектральных каналов. Значения яркости ближних к осушительным каналам пикселей, а значит и результаты расчёта индексов зависят от доли включаемой в них площади насаждений и открытых пространств просек. В последнем случае на оценки индекса, видимо, может влиять почвенный фон просек [1], а также различия в продуцировании фитомассы насаждением и, например, луговой или кустарниковой и кустарничковой растительностью на просеках. Известно, что комбинированное использование индексов NDVI и LWCI позволяет оценить возможность объединения растительных сообществ в группы в пространстве значений этих индексов в зависимости от запасов фитомассы фитоценозов и условий увлажнения [8]. В данном случае аналогичный подход может быть использован для дифференцирования участков, отличающихся интенсивностью осушения и условиями увлажнения (табл. 5). Анализ табл. 5 показывает, что данные, приведённые здесь, в целом согласуются с полученными выше оценками и зависимостями (табл. 3, рис.). В то же время при сравнении одного типа растительности, в данном случае древесного, классификационные возможности метода ниже, чем, например, при сравнении болотного, кустарникового и тундрового типов растительности [8].

Таблица 5

Значения NDVI и LWCI на опытных участках вблизи каналов и на середине межканального пространства

Положение опытных участков на межканальном пространстве	30.07.1992 г.		19.07.1999 г.	
	NDVI	LWCI	NDVI	LWCI
Вблизи каналов	0,42-0,50 (0,46)	- 0,004-0,050 (0,022)	0,38-0,49 (0,44)	0,12-0,19 (0,15)
На середине межканального пространства	0,43-0,48 (0,46)	0,029-0,048 (0,043)	0,37-0,42 (0,40)	0,13-0,13 (0,13)

Примечание: в скобках – среднее значение индексов.

Изучение зависимости индексов от таких интегральных таксационных показателей, как запас древесины основных слагающих насаждение пород по данным 1999 года, показал следующее. Между индексом NDVI и общим запасом тёмнохвойных пород (ель, кедр, пихта) в Троицко-Печорском лесничестве связь приближается к средней по тесноте ($R=0,59$; $R_{0,10}=0,62$; $N=8$). При этом направленность связи положительная, что согласуется с представлением о данном индексе как относительной характеристике фитомассы, имеющей более высокие оценки при большем запасе древесины.

Связь между индексом LWCI и общим запасом тёмнохвойных пород характеризуется близкой по тесноте оценкой к указанной выше для индекса NDVI ($R=0,52$; $R_{0,10}=0,62$; $N=8$). Однако в этом случае направленность связи отрицательная. Возможно, это объясняется более низкими адаптационными возможностями более старых древостоев с большим запасом древесины (табл. 1).

В анализируемой совокупности опытных объектов в Троицко-Печорском лесничестве установлена средняя связь между индексом NDVI и общей густотой возобновления ($R=0,68$; $R_{0,05}=0,71$; $R_{0,10}=0,62$). В свою очередь, общая густота подроста, сформировавшегося в основном после осушения, зависит от положения изучаемых объектов на межканальной полосе. Так, вблизи каналов она составляет 5,1–5,4 тыс.шт./га, тогда как на середине межканальной полосы уменьшается до 0,8–1,7 тыс.шт./га (табл. 2).

В заключение можно отметить, что при гидролесомелиоративных комплексных исследованиях дополнительная новая информация может быть получена на основе дистанционных методов. При этом перспективным является использование вегетационных индексов. Исследования в данном направлении необходимо развивать, увеличивая представительность тест-объектов, используя объекты с длительным периодом влияния осушения, снимки с более высоким разрешением, данные режимных наблюдений за динамикой уровней почвенно-грунтовых вод и влажностью почвы, характеристики почв и торфов и т.д.

Выводы

1. В средней подзоне тайги Республики Коми на объектах гидролесомелиорации нормализованный разностный индекс растительности NDVI увеличивается при приближении к осушительным каналам и с течением времени после осушения. Установленная тенденция согласуется с базовыми положениями гидролесомелиорации о влиянии осушения на рост и производительность леса и представлением о данном индексе как относительной характеристике фитомассы, количественные оценки которой при выраженном лесоводственном эффекте осушения должны быть больше вблизи каналов. На мелкозалежных торфяниках при изучении зависимости индекса NDVI от расстояния до осушительных каналов необходимо учитывать мощность торфа.

2. Индекс содержания влаги в листьях LWCI через три года после строительства гидромелиоративной сети достоверно по-

ложительно ($R=0,44$; $R_{0,05}=0,37$; $N=29$), а через 10 лет достоверно отрицательно ($R=0,55$; $R_{0,05}=0,37$; $N=29$) зависит от расстояния до осушительных каналов. Это указывает на возможность использования индекса LWCI для оценки адаптационных процессов в насаждениях на объектах гидромелиорации.

3. Установлена качественная связь между индексом NDVI и общей густотой возобновления ($R=0,68$; $R_{0,10}=0,62$; $R_{0,05}=0,71$) и между NDVI и запасом древесины тёмнохвойных пород, что свидетельствует о перспективности использования аналогичных зависимостей для оценки лесоводственной эффективности осушения.

Список литературы

1. Черепанов, А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика (Geomatiks). – 2009. – № 3(4). – С. 28-33.
2. Курбанов, Э. А. Дистанционный мониторинг динамики нарушений лесного покрова, лесовозобновления и лесовосстановления в Марийском Заволжье / Э. А. Курбанов, Т. В. Нуреева, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Т. Ф. Мифтахов, С. А. Незамаев, Ю. А. Полевщикова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3 (13). – С. 17-24.
3. Воробьев, О. Н. Дистанционный мониторинг гарей в Марийском Заволжье / О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (15). – С. 12-22.
4. Курбанов, Э. А. Сравнительный анализ спутниковых снимков высокого разрешения при дешифрировании древостоев, загрязненных отходами силикатного производства / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, Ю. А. Полевщикова, С. А. Незамаев, Е. Н. Демишева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 2 (18). – С. 74-90.
5. Курбанов, Э. А. Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Незамаев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3 (19). – С. 82-92.
6. Пахучая, Л. М. Лесоводственная эффективность гидромелиорации темнохвойных с участием кедров сибирского насаждений на крайнем северо-востоке европейской части России / Л. М. Пахучая // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2009. – № 4. – С. 7-11.
7. Пахучий, В. В. Факторы продуктивности осушенных насаждений Европейского Северо-Востока / В. В. Пахучий. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1991. – 104 с.
8. Елсаков, В. В. Технологии дистанционного зондирования в исследовании свойств растительных сообществ бассейна р. Новая Нерута / В. В. Елсаков, С. Н. Плюснин, В. М. Щанов // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2006. – № 2 (100). – С. 315-319.
9. Пахучий, В. В. Дешифрирование состава насаждений по материалам дистанционного зондирования / В. В. Пахучий. – Труды Сыктывкарского лесного института. – 2007. – Т. 7. – С. 164-167.
10. Черепанов, А. С. Технология выявления медленных изменений в лесах по мультиспектральным космическим снимкам (на примере вымокания лесов) / А. С. Черепанов // Геоматика (Geomatiks). – 2009. – № 3(4). – С. 66-75.
11. Елсаков, В. В. Роль рельефа в формировании растительности карстовых ландшафтов европейского Северо-Востока России / В. В. Елсаков, Л. В. Тетерюк. – Исследование Земли из космоса. – 2012. – № 3. – С. 78-93.

Статья поступила в редакцию 16.12.13.

ПАХУЧИЙ Владимир Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесного хозяйства, Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «СПбГЛТУ» (Российская Федерация, 167982, Сыктывкар, ул. Ленина, д. 39). Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, таксация, гидротехнические мелиорации лесных земель. Автор 210 публикаций.

ПАХУЧАЯ Людмила Михайловна – доцент кафедры лесного хозяйства, Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «СПбГЛТУ» (Российская Федерация, 167982, Сыктывкар, ул. Ленина, д. 39). Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, таксация, гидротехнические мелиорации лесных земель. Автор 70 публикаций.

E-mail: pakhutchy@rambler.ru

PAKHUCHIY Vladimir Vasilevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Syktyvkar Forest Institute (branch of FSBEI HPE «Saint-Petersburg State Forest Technical University») (39, Lenina St., 167982, Syktyvkar, Russian Federation). Research interests – silviculture, forestry, taxation, hydrotechnical amelioration of forest lands. The author of 210 publications.

PAKHUCHAYA Ludmila Mikhailivna – Associate Professor at the Chair of Forestry, Syktyvkar Forest Institute (branch of FSBEI HPE «Saint-Petersburg State Forest Technical University») (39, Lenina St., 167982, Syktyvkar, Russian Federation). Research interests – silviculture, forestry, taxation, hydrotechnical amelioration of forest lands. The author of 70 publications.

E-mail: pakhutchy@rambler.ru

V. V. Pakhuchiy, L. M. Pakhuchaya

EXPERIENCE OF VEGETATION INDICES USE FOR COMPLEX RESEARCHES ON THE OBJECTS OF HYDRO AND FOREST AMELIORATION

Key words: Komi Republic; hydro and forest amelioration; vegetation indices.

ABSTRACT

The remote sensing data can be used for study and inventory of forests, study of forest structure and forest state. Nowadays, spectral or vegetation indices are widely used for the purposes. Relationship between some vegetation indices (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index and LWCI – Leaf Water Content Index) and distance from sample plots to drainage ditches, between these indices and some taxation forest stand parameters are studied in the paper. Research was carried out in Troitsko-Pechorskiy forestry of Komi Republic. The results of research taken place in the Kortkerosskiy forestry were used for comparison. In the first years after drainage NDVI weakly negatively correlates with distance from stands to ditches. In 10 years after drainage a negative correlation is also observed between the indices ($R=0,35$; $R_{0,05}=0,37$; $R_{0,10}=0,32$; $N=29$). This result is coordinated with the idea that NDVI is an index of phytomass and it is larger near ditches. At the shallow peat bogs it is necessary to take into account peat thickness when studying dependence of the NDVI index from distance to ditches. LWCI is weakly positively correlated with distance from sample plots to drainage ditches in the first years after drainage. Perhaps, it is the result of trees stress caused by water regime change. In 10 years after drainage, medium negative correlation is observed between these indices ($R=0,55$; $R_{0,05}=0,37$; $N=29$). It can be the consequence of trees adapting to the changed water regime. That is why LWCI index is larger close to ditches and less in the middle of strip between the ditches. NDVI is qualitatively connected with the volume of spruce, fir and Siberian cedar and with the density of natural reforestation. That indicates to perspective of use of this vegetation index for estimation of forestry drainage effect.

References

1. Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Spektralnye svoystva rastitelnosti i vegetatsionnye indeksy [Spectral Properties of Vegetation and Vegetative Indices]. *Geomatika [Geomatics]*. 2009. No 3(4). P. 28-33.
2. Kurbanov E.A., Nureeva T.V., Vorobev O.N., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Miftakhov T.F., Nezamaev S.A., Polevshchikova Y.A. Distsionnyy monitoring dinamiki narusheniy lesnogo pokrova, lesovozobnovleniya i lesovosstanovleniya v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Disturbances in Forest Cover, Reforestation and Afforestation of Mari Forests]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]*. 2011. No 3 (13). P. 17-24.
3. Vorobev O.N., Kurbanov E.A., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Polevshchikova Y.A. Distsionnyy monitoring garey v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Forest Burnt Areas in Mari Forests]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]*. 2012. No 1 (15). P.12-22.
4. Kurbanov E.A., Vorobev O.N., Polevshchikova Y.A., Nezamaev S.A., Demisheva E.N. Sravnitelnyy

analiz sputnikovyykh snimkov vysokogo razresheniya pri deshifirovani drevostoev, zagryaznennykh otkhodami silikatnogo proizvodstva [Comparison Analysis of Satellite Images of High Resolution for Interpretation of Forests Contaminated by Wastes of Silicate Production]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 2 (18). P. 74-90.

5. Kurbanov E.A., Vorobev O.N., Nezamaev S.A., Gubaev A.V., Lezhnin S.A., Polevshchikova Y.A. Tematicheskoe kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolzhya po sputnikovym snimkam Landsat [Thematic Mapping and Stratification of Forests in Mari Region by Landsat Satellite Images]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 3 (19). P. 82-92.

6. Pakhuchaya L.M. Lesovodstvennaya effektivnost gidromelioratsii temnokhvoynykh s uchastiem kedra sibirskogo nasazhdeniy na kraynem severovostoke evropeyskoy chasti Rossii [Forestry Efficiency of Hydromelioration of Dark-Coniferous Stands with Participation of Siberian Cedar in the Extreme North-East of the European Part of Russia]. *IVUZ. Lesnoy zhurnal* [Forestry Journal]. 2009. No 4. P. 7-11.

7. Pakhuchiy V.V. Faktory produktivnosti osushennykh nasazhdeniy Evropeyskogo Severo-Vostoka [Factors of Efficiency of the Drained Stands of the

European North-East]. Syktyvkar: Komi scientific centre UD RAS, 1991. 104 p.

8. Elsakov V.V., Plyusnin S.N., Shchanov V.M. Tekhnologii distantsionnogo zondirovaniya v issledovanii svoystv rastitelnykh soobshchestv basseyna r. Novaya Neruta [Technologies of Remote Sensing in Research of Properties of Vegetable Communities of the Basin of the Novaya Neruta]. *Vestnik Instituta biologii Komi NTs UrO RAN* [Vestnik of Biology Institute of Komi, SC of Ural Department of Russian Academy of Sciences]. 2006. No 2 (100). P. 315-319.

9. Pakhuchiy V.V. Deshifirovanie sostava nasa-zhdeniy po materialam distantsionnogo zondirovaniya [Decoding of Stand Structure with the Use of Materials of Remote Sensing]. *Trudy Syktyvkar'skogo lesnogo instituta* [Proceedings of Syktyvkar Forest Institute]. 2007. Volume 7. P. 164-167.

10. Cherepanov A.S. Tekhnologiya vyyavleniya medlennykh izmeneniy v lesakh po multispektralnym kosmicheskim snimkam (na primere vymokaniya lesov) [Technology of Identification of Slow Changes in the Forests with the Use of Multispectral Space Images (on the example of a flooding of the forests)]. *Geomatika* [Geomatics]. 2009. No 3(4). P. 66-75.

11. Elsakov V.V., Teteryuk L.V. Rol relefa v formirovanii rastitelnosti karstovykh landshaftov evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii [Relief Role in Formation of Vegetation of Karst Landscapes of the European North-East of Russia]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Earth Research from Space]. 2012. No 3. P. 78-93.

УДК 630*432+614.841.31

М. В. Почитаева, М. Д. Иплаев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИКИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

«Проект реформирования лесопользования и мер по борьбе с лесными пожарами в России» нацелен, в том числе и на снижение количества пожаров, возникающих по вине человека. Исследование особенностей организации противопожарной пропаганды, которой в Проекте уделяется значительное внимание, показывает, что её результаты определяются не столько количеством информационных сообщений, сколько организацией адресной интенсивной профилактической работы с населением в зонах высокой горимости лесов и особенностями конкретной территории. Эффективное ведение противопожарной пропаганды требует чётко продуманного плана действий, предусматривающего экспертную оценку средств наглядной пропаганды и привлечение к такой работе специалистов экспертов (педагогов, психологов).

Задача Проекта по снижению количества антропогенных пожаров может быть решена только с привлечением методов психологии и смежных с ней наук, а не только методов и подходов экологического образования и просвещения.

Ключевые слова: профилактика лесных пожаров; противопожарная безопасность в лесу; противопожарная пропаганда; школьные лесничества; зона интенсивной противопожарной профилактики; экологическое образование и просвещение.

Введение. Охрана лесов от пожаров является одной из основных составляющих устойчивого управления лесами. От того, насколько эффективно она осуществляется, во многом зависит размер ущерба, причинённого лесным насаждениям как в экономическом, так и экологическом отношении [1–5].

Лесные пожары возникают по разным причинам. Условно их можно разделить на две группы: естественные и антропогенные. Существует также ещё одна группа причин, которая приводится в статистической отчётности о лесных пожарах – «по неустановленным причинам». Полученные нами данные анализа статистики лесных

пожаров по Республике Марий Эл за период с 1979 по 2012 гг. показывают, что не менее 80 % возгораний возникает не вследствие природных факторов, а по вине человека. Похожие цифры наблюдались и в других регионах [6]. Более того, как было подчёркнуто для Российской Федерации в целом, если «случаи с неустановленными причинами распределить пропорционально по территории, то доля лесных пожаров, возникновение которых связано с деятельностью человека, возрастает до 93 %. Таким образом, человек, как умышленный или неумышленный источник огня является основной статистической причиной возникновения лесных пожаров» [6, с. 14-15].

© Почитаева М. В., Иплаев М. Д., 2014.

Ссылка на статью: Почитаева М. В., Иплаев М. Д. Повышение эффективности профилактики лесных пожаров // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 42-52.

Правительство Российской Федерации и Всемирный банк в 2014 году начнут совместную работу над новым Проектом «Реформирование лесоуправления и меры по борьбе с лесными пожарами в России». Как записано в тексте проекта, «Реализация проекта *будет способствовать повышению информированности населения и стандартов образования по проблемам лесного хозяйства в целом с акцентом на вопросах предотвращения и борьбы с лесными пожарами и лесоуправления*. Учитывая, что большинство пожаров возникает по вине человека, последнее является не менее важным, чем тушение пожаров. Ожидается, что инвестиции (около 1206 млн. долл. США), которые будут осуществляться в рамках проекта, приведут к сокращению количества пожаров, возникающих по вине человека» [7, с. 4].

Согласно Лесному кодексу, противопожарная пропаганда как особый вид профилактики лесных пожаров в настоящее время не выделяется [8]. Она осуществляется в качестве мер противопожарного обустройства лесов в форме: организации мест отдыха граждан, пребывающих в лесах; установки и размещения стендов и других знаков и указателей, содержащих информацию о мерах пожарной безопасности в лесах. В Проекте указывается, что «Образовательные программы по вопросам профилактики лесных пожаров и экологического просвещения будут в основном разработаны для детей и молодёжи с тем, чтобы стимулировать долгосрочные изменения в поведении» [7, с. 4]. Таким образом, здесь подчёркнута актуальность знания специфики подобной работы и её правильная организация, которая может во многом повлиять на эффективность затрачиваемых средств и уменьшить горимость наших лесов.

Решение проблемы лесных пожаров в современных условиях требует не только высокой оперативности обнаружения и использования определённых технических

приёмов, но и эффективных мер противопожарной профилактики [1, 3, 7]. Такой подход предполагает апробацию новых форм и методов противопожарной пропаганды, поиск особо действенных приёмов формирования правил безопасного поведения граждан в лесу. Так, Проектом предусмотрена «Разработка программ и продуктов повышения осведомлённости и просвещения населения (к примеру, брошюры, школьная учебная программа, плакаты, телевидение и радиовещание, электронные страницы и журналы, и т.п.) для пропаганды правил лесной пожарной безопасности» [7, с. 6]. Однако эта задача не может быть решена без увязки закономерностей возникновения антропогенных лесных пожаров с возможностями методов психологии и смежных с ней наук, а не только методов и подходов экологического образования и просвещения.

Все это обуславливает актуальность и перспективность исследований, направленных на повышение эффективности противопожарной профилактики в рамках комплексной работы специалистов лесного профиля и социологов.

Цель работы – проанализировав официальные сведения о лесных пожарах в Республике Марий Эл за период 1979–2012 гг., выявить особенности ведения противопожарной пропаганды, позволяющие повысить её эффективность и адресность.

Решаемые задачи: 1) проведение анализа причин возникновения лесных пожаров на основе ознакомления с данными официальной статистики по лесным пожарам в Республике Марий Эл за период 1979–2012 гг., выявление основных закономерностей их распространения; 2) разработка рекомендаций по повышению эффективности ведения противопожарной пропаганды, опираясь на знание специфики лесных пожаров и социально-экологические особенности работы с населением.

Методы и объекты исследования. Исследование проводилось в 2011 –

2013 гг. в несколько этапов. На первом этапе был проведён анализ многолетних данных по лесным пожарам за 1979–2012 гг. по статистике Министерства лесного хозяйства Республики Марий Эл, где рассматривались причины возникновения, способы обнаружения, временные и другие характеристики пожаров. Была разработана и апробирована методика проведения опроса населения относительно соблюдения правил поведения на природе, позволяющая обнаружить особенности построения речевых конструкций при ведении природоохранной пропаганды. Также проводилось изучение специфики размещения и качества оформления средств противопожарной пропаганды (аншлаги, инструктивные и агитационные плакаты, листовки и др.).

На втором этапе был проведён опрос студентов из пяти федеральных округов России (Дальневосточный, Сибирский, Уральский, Приволжский и Центральный) общим охватом 130 человек (студенты вузов гуманитарных, технических и естественно-научных специальностей). Сходным образом были проанализированы интернет-источники (20 разных информационных источников) с информацией о правилах поведения на природе.

По результатам исследования были разработаны предложения по совершенствованию противопожарной пропаганды, повышения её адресности и эффективности.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ причин возникновения лесных пожаров в Республике Марий Эл за период 1979–2012 гг. показал, что в среднем 81 ± 10 % лесных пожаров возникает вследствие антропогенного фактора, значение этого фактора колеблется от 17 до 99 % с минимальным значением в 2012 году и максимальным в 2005 году. Исследование показало, что выяснение причин и виновников возникновения лесных пожаров в лесном хозяйстве в настоящее время находится на низком уровне. Об этом свидетельствует рост доли лесных

пожаров «по не установленным причинам» от 2–19 % в 80-х гг. прошлого века до 67 % в 2012 году.

Анализ протоколов о лесных пожарах также выявил недостаточную конкретику формулировок причин возникновения лесных пожаров или их источников. Чётких, определённых законодательством предписаний на этот счёт нет, а такие причины, как: «железная дорога», не дают однозначного понимания источника появления огня – это может быть и выброшенный из поезда окурок или же искра, возникшая в результате движения поезда. Аналогичная ситуация с формулировкой «местное население», что включает в себя всех людей, посещающих лес независимо от места их проживания и цели посещения лесов, но не указывает на конкретный источник возникшего пожара. Часто встречающаяся в протоколах фраза «неосторожное обращение с огнём» может подразумевать любую причину возгорания и фактически препятствует как правильному пониманию ситуации с возникновением пожара, так и эффективной разработке мер по его предупреждению. Таким образом, наличие размытости и нечёткости в формулировках усугубляет ситуацию с противопожарной пропагандой, не позволяя вести адресную работу с источником возникновения пожаров.

Проведённый нами обзор информации в сети Интернет показал, что в последние несколько лет интерес к различным аспектам противопожарной пропаганды значительно усилился. Это, в первую очередь, отразилось на количестве информационных сообщений, установленных аншлагов, развешанных листовок и других агитационных средств. В изданных в 2012 году «Методических рекомендациях для органов государственной власти субъектов Российской Федерации по обучению населения мерам пожарной безопасности» указано, что противопожарной пропаганде принадлежит ведущее место в профилактике пожаров [9]. Тем не менее, изучение

реальной обстановки, особенно на местах излюбленного отдыха граждан, показывает, что ситуация с противопожарной пропагандой в силу многих причин пока еще оставляет желать лучшего.

Обзор средств наглядной пропаганды и прослушивание информационных сообщений, направленных на снижение пожаров, в Республике Марий Эл и сопредельных регионах позволяет сделать вывод, что одной из главных причин низкой эффективности противопожарной пропаганды зачастую является недостаток конкретики в информационных сообщениях. Достаточно «общий» стиль освещения существующих проблем и путей их решения, где граждан призывают «беречь природу», «беречь лес от пожара», сообщается, что «огонь не щадит никого», вряд ли способен чётко сориентировать находящегося в лесу человека на конкретные действия, позволяющие предотвратить пожар.

Нередко приходится сталкиваться с ситуацией, когда противопожарные аншлаги отсутствуют там, где люди могли бы их прочитать (в первую очередь – на туристских стоянках). На развилках дорог ознакомиться с информацией из проезжающего автомобиля порой бывает весьма сложно потому, что аншлаг неудобно расположен и, вдобавок ко всему, содержит много информации, написанной мелким шрифтом.

Обзор научных источников показывает, что количество лесных пожаров на разных участках территории может быть неодинаковым. Так, например, изучение динамики пожаров в Красноярском крае выявило, что «максимальное количество лесных пожаров (85 %) происходит в радиусе 20 км вокруг населённых пунктов, причем 45 % пожаров случается в радиусе 5 км. Основное число лесных пожаров (63 %) приходится на весенний период. На основании полученных данных определена зона интенсивной противопожарной профилактики вокруг населённых

пунктов» [10, с. 88]. Это позволяет скорректировать деятельность по ведению противопожарной пропаганды, ориентируясь на ключевые точки зон интенсивной противопожарной профилактики.

В Республике Марий Эл среди мест, где вероятность возникновения пожаров высока, можно выделить: 1) все виды автодорог, включая лесные грунтовые дороги; 2) места, где возможна стоянка автомобилей, включая развилки лесных дорог, туристские стоянки на берегах рек и озёр; 3) туристские стоянки и места излюбленного отдыха граждан. Особо следует отметить те природные территории, на которых возможно проведение весенних палов, организованных намеренно либо по неосторожности, что требует проведения отдельных просветительских мероприятий и организации целенаправленной информационной работы по их предотвращению.

Обозначим некоторые причины возникновения пожаров в зонах интенсивной противопожарной профилактики. Так, например, вдоль автодорог и на туристских стоянках это нередко бывает «всего лишь» брошенная из окна проходящей машины сигарета, что связано с тем, что жители крупных городов редко имеют привычку тушить окурки сигарет. Попав на асфальт, они никому не причиняют вреда, однако в лесу такой стереотип поведения может нанести серьёзный ущерб природе и лесному хозяйству. То же самое происходит, когда человек идёт по лесной тропинке, отдыхает на туристской стоянке или курит в тамбуре поезда. Вместе с тем, правильно (с педагогической точки зрения) обратив внимание на необходимость тушения сигареты, именно эту привычку можно достаточно легко переориентировать в молодёжной среде, что позволит сберечь лесные богатства и формировать правильное отношение к природе.

Неконтролируемые выжигания (палы) сухой травы и лесной подстилки, проводимые в весенний период, также достаточно часто являются причиной возник-

новения лесных пожаров. Следует заметить, что существуют и плановые профилактические выжигания, проводимые лесохозяйственными предприятиями. В аспекте противопожарной пропаганды необходимо особо подчеркнуть необходимость формирования положительного образа лесной охраны при проведении данных мероприятий. Лесники зачастую не задумываются о том, какой образ формируется у обывателя, видящего то, как они поджигают траву или лесную подстилку. Впоследствии это может негативно сказаться на имидже лесной охраны – «лесники сами поджигают лес», а также увеличении количества «профилактических неконтролируемых выжиганий, проводимых местным населением». Для предотвращения негативных последствий при проведении таких видов работ следует позаботиться об установке информационного щита о проведении мероприятия, обеспечить наличие лесопожарной техники и форменной одежды работников.

Также достаточно распространённой причиной пожара может стать непотушенный костёр. Результаты наших исследований позволили установить, что наибольшее число пожаров происходит во второй половине дня в период с 12 до 18 часов, причём их пик приходится в среднем на промежуток 14–15 часов (обеденное время). Наблюдения за пребывающими на природе людьми и интервьюирование граждан позволили выявить интересный факт: те, кто чаще бывает на природе (например, в силу своей профессиональной деятельности – лесники, геологи, работники сферы туризма), достаточно редко оставляют костёр незатушенным. Пожар от непотушенного костра чаще всего является результатом деятельности людей, которые редко бывают на природе и в силу сложившихся стереотипов городского образа жизни [11] редко принимают во внимание факторы резкой смены погоды, наличие или отсутствие дождя и усиление ветра.

В последние годы отмечена тенденция возрастания количества пожаров по вине местного населения, в то время как число пожаров, возникших по вине работников организаций и предприятий, работающих в лесу, резко сокращается [4]. Это позволяет прийти к выводу о том, что запреты на посещение леса, так распространённые в 2010 – 2011 гг., могут со временем дать обратный результат – массовое усиление противопожарной безграмотности подрастающего поколения и, как следствие этого, – возможный рост числа пожаров в отдалённом будущем.

Особую эффективность могла бы принести работа по обучению руководителей среднего звена организаций и предприятий, осуществляющих работы в лесу, практическим способам предотвращения пожаров. Это в первую очередь школьные учителя и руководители туристских кружков, ведущих работу с детьми на природе, руководители школьных лесничеств и студенческих практик. Обладая высокой профессиональной квалификацией и определёнными профессионально-педагогическими знаниями, эти специалисты могли бы во многом помочь немногочисленным сотрудникам лесных служб в эффективном осуществлении противопожарной профилактики.

Наше специальное исследование, направленное на изучение навыков обращения с костром среди различных групп населения, проведённое в 2010 году, позволило выявить, что в 50–60-е гг. прошлого века в ряде регионов при организации полевых экспедиций руководителей и персонал специально обучали навыкам безопасного обращения с огнём. Это предусматривало, например, обязательное тушение сигареты, переламывание спички после использования и тушение костров, когда в них не было необходимости. Такая практика могла бы быть востребована и сегодня при обучении населения навыкам пребывания на природе.

Исследование, проведённое нами в пяти федеральных округах России (Даль-

невосточный, Сибирский, Уральский, Приволжский, и Центральный) с охватом 130 человек, показало, что 94 % из них нравится общаться с природой. В Республике Марий Эл этот показатель в ряде выборок достигал 100 %. Это свидетельствует о том, что запреты на посещение природных территорий вряд ли способны стать эффективной мерой профилактики пожаров, поскольку в отсутствии выходов на природу навык безопасного поведения, если он был слабо сформирован, может со временем утрачиваться. Хотим мы того или нет, люди всегда стремились к общению с природой. На фоне растущей динамики стрессов в больших городах этот процесс вряд ли удастся приостановить, поэтому эффективная противопожарная пропаганда среди населения должна вестись не через запрет, а за счёт адресной работы с раннего детства.

Обзор пособий и методических указаний в искомой области показал, что в последние несколько лет в нашей стране значительно усилился интерес к психологическим аспектам противопожарной пропаганды. Тем не менее, располагая информацией о нюансах пропагандистской работы среди разных категорий граждан, зная возрастные особенности детей и молодёжи, а также особенности составления аншлагов, буклетов, информационных сообщений и видеосюжетов, не всегда возможно достичь эффективных результатов, если при этом отсутствует понимание того, как именно человек воспринимает изложенную информацию и реагирует на нее.

В 2012 году нами было проведено изучение специфики использования речевых конструкций при ведении природоохранной пропаганды. Для этого участникам опроса было предложено написать пять правил поведения людей на природе, которые в дальнейшем анализировались на предмет наличия запретов и отрицаний. Также по запросу в сети Интернет была сделана подборка аналогичных правил, проанализированная сходным образом.

Полученные данные показывают, что во всех исследованных нами выборках резко преобладают конструкции, выраженные через запрет либо отрицание. Самый большой процент негативных рекомендаций несут правила, изложенные в сети Интернет [12]. Аналогичную ситуацию – когда при организации противопожарной пропаганды вместо позитивно сформулированной информации, ориентирующей на конкретные действия по предотвращению пожара, граждане сталкиваются с запретами и отрицаниями, можно встретить повсеместно.

Использование позитивных речевых конструкций играет особо важную роль при организации просветительской работы. Считается, что, сталкиваясь с запретом либо отрицанием, человек в конечном итоге подсознательно возвращается к тому результату, от которого его желают увести, запрещая нежелательное действие [13], либо перестаёт воспринимать то, что вызывает у него подсознательный протест, поэтому запрет и отрицание нельзя считать действенной мерой в формировании желательных способов поведения [14], особенно при ведении противопожарной пропаганды. Получается, чем более чётко разъясняется, как необходимо действовать, чем нагляднее показан конечный результат, на который мы ориентируем потребителя противопожарной информации, тем проще и легче сформировать у граждан желаемые способы действий, поскольку это не вызывает подсознательного отторжения. Например, в приведённом (см. рис.) речевом сообщении слово «надёжно» психологически усиливает конструкцию и создаёт достаточно сильный позитивный образ желаемого действия.



Проведение специальных занятий, направленных на обучение населения правилам пребывания на природе, показывает, что нередко многим людям достаточно всего лишь правильно сообщить информацию, чтобы скорректировать их образ действий в нужном ключе, что подтверждается нашими предыдущими исследованиями [15, 11, 12].

Всё вышесказанное позволяет сделать вывод, что результат противопожарной пропаганды во многом определяется тем, насколько качественно подан искомый материал и где он размещён. Необходим чётко продуманный план действий и понимание целого ряда вопросов: Как человек может отреагировать на изложенную информацию? Где именно и каким образом ему будет удобнее её получить и осмыслить? Что конкретно мы хотим сообщить, какие цифры и факты могут помочь нам сформировать желательные установки поведения? Всё это требует изучения локальной специфики работы по профилактике пожаров, особенностей восприятия информации, способов повышения адресности доведения экологической информации и ряда других специфических особенностей. Пока же, как показывают наши соб-

ственные исследования и работы других авторов, с одной стороны, «имеет место противоречие: документально сформирована система противопожарной пропаганды и обучения мерам пожарной безопасности, с другой – основная часть пожаров происходит по вине людей вследствие незнания и (или) несоблюдения требования пожарной безопасности» [16, с.34].

Опираясь на проведённые исследования, можно предложить примерный алгоритм работы в области противопожарной пропаганды, в основе которого заложен адресный подход.

Шаг 1. Определение оптимальных сроков для начала агитационной кампании в средствах массовой информации, а также мест размещения звуковой рекламы и видео. Выявление зон интенсивной противопожарной профилактики на территории лесничества / района и ключевых точек для размещения средств наглядной агитации.

Шаг 2. Составление матрицы для создания средств противопожарной пропаганды с привлечением актива школьных лесничеств, студентов лесных и педагогических специальностей. Примерный вариант предложен в таблице.

Матрица для разработки средств по профилактике пожаров

Наименование ключевой точки зоны интенсивной противопожарной профилактики	Причины возникновения пожаров на данной территории	Рекомендуемое информационное сообщение для листовки/аншлага
1. Участок лесной автодороги	Курение (посетители выбрасывают незатушенные окурки из окна автомобиля)	Водитель! Сбереги лес – любой ценой затуши сигарету! Измени привычку: докурил? Затуши сигарету!
2. Туристские стоянки вдоль озера Светлое	Курение; непотушенные костры; весенние палы	Останови весенний пал! А ты затушил сигарету? Уезжая из леса, НАДЕЖНО затуши костер! Всего лишь затушив сигарету, ты можешь сберечь миллионы гектаров леса!
3. Участок леса, прилегающий к сельхозугодьям деревни Иваново	Весенние палы; непотушенные костры (сенокос)	Неконтролируемые поджоги травы являются источником лесных пожаров. Затуши травяной пал – сбереги лес!

Шаг 3. Уточнение информации. Необходимо выявить, где конкретно следует разместить аншлаги, вывесить плакаты и листовки, чтобы информация была гарантированно получена потребителем. Это может быть развилка дорог рядом с картой территории, где люди будут останавливаться для уточнения своего местонахождения, места остановки автомобилей (например, пункт питания вдоль оживлённой автотрассы) или беседка для отдыха, где постоянно останавливаются отдыхающие, и другие ключевые точки. Имеет значение то, с каким объёмом информации человек способен ознакомиться за определённое время, каким шрифтом её следует изложить, чтобы было легко прочитать, что может потребовать дополнительных исследований, например, силами ближайшего школьного лесничества. Тематика изображений должна способствовать чёткому пониманию проблемы и ориентировать граждан на конкретный результат – действия, гарантированно снижающие количество пожаров.

Шаг 4. Тестирование / экспертная оценка средств наглядной агитации специалистами и гражданами, не участвующими в проводимой работе. Этот этап может позволить получить качественную обратную связь и избежать ошибок до того, как средства наглядной пропаганды будут отправлены «в работу».

Шаг 5. Изготовление и размещение средств наглядной пропаганды и агитации на местах. Желательно, чтобы к такой деятельности были привлечены добровольцы – школьники, студенты, заинтересованные граждане – это позволит шире распространить информацию и сформировать позитивный образ проводимой работы.

Всё вышесказанное может послужить поводом для внесения корректировки в систему организации противопожарной пропаганды для повышения её эффективности и адресности.

Выводы. Анализ причин возникновения лесных пожаров на основе ознаком-

ления с данными официальной статистики в Республике Марий Эл за период 1979 – 2012 гг. свидетельствует о том, что основной упор при проектировании мер противопожарной пропаганды необходимо делать на повышение качества работы с населением. Важным информационным источником, позволяющим построить такую работу на научной основе, являются многолетние статистические данные по лесным пожарам. Тем не менее, для решения поставленной проблемы необходима переработка форм протоколов о лесных пожарах с чёткой классификацией причин возникновения пожаров.

Для эффективного ведения противопожарной пропаганды необходимо выявление в зонах интенсивной противопожарной пропаганды особых мест, где наиболее целесообразно вести информирование населения. При размещении средств наглядной агитации в ключевых точках следует учитывать как наиболее частые причины возгорания, приводящие к пожарам (травяные палы, близость от железной дороги, автотрассы, непотушенный костёр или сигарета), так и особенности индивидуального восприятия гражданами информационных сообщений противопожарного характера.

Результаты противопожарной пропаганды определяются, скорее, не количеством информационных сообщений, а тем, насколько качественно подан материал и где он размещён. Речевые конструкции должны быть построены без запретов и отрицаний. При изложении противопожарной информации необходимо предлагать простые и действенные решения, которые каждый способен самостоятельно претворить в жизнь. Для этого необходимо указывать конкретные причины пожаров и способы их предотвращения.

Эффективное ведение противопожарной пропаганды требует чётко продуманного плана действий, предусматривающего экспертную оценку средств наглядной пропаганды и привлечение к такой работе

специалистов экспертов (педагогов, психологов).

При обучении широких слоёв населения навыкам пожаробезопасного пребывания в лесу большую роль может сыграть обучение руководителей среднего звена организаций и предприятий, школьных учителей, руководителей туристских кружков, школьных лесничеств и студен-

ческих практик. В дальнейшем они могут передавать эти знания людям, находящимся у них в подчинении, и принимать личное участие в организации и проведении мероприятий, направленных на снижение количества лесных пожаров, помогая сотрудникам государственных служб эффективно осуществлять лесопожарную пропаганду.

Список литературы

1. http://www.rosleshoz.gov.ru/forest_fires/ Дата обращения: 10.10.2013).
2. Кузнецов, Г.В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий / Г. В. Кузнецов, Н. В. Барановский; Министерство образования и науки РФ, Федер. агентство по образованию, Томский политех. ун-т. – Новосибирск, 2009. – 301 с.
3. Михалев, Ю.А. Эффективность профилактики лесных пожаров/ Ю.А. Михалев, В.М. Груманс, Л.М. Ряполова // Лесное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 42-43.
4. Жилин, О.И. Системный подход к противопожарной пропаганде и обучению мерам пожарной безопасности – важнейшая составляющая деятельности по профилактике пожаров / О.И. Жилин // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т.18, № 8. – С. 33-37.
5. Иванов, А.В. Лесная пирология: конспект лекций / А. В. Иванов. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – 276 с.
6. Профилактика и меры предупреждения лесных пожаров в системе лесопользования Российской Федерации/ под общ. ред. Е.П. Кузьмичева. – М.: Всемирный банк, 2012. – 104 с.
7. Российская Федерация: Проект «Реформирование лесопользования и меры по борьбе с лесными пожарами в России» <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/e22/lesnoj%20proekt.docx> (Дата обращения: 10.10.2013).
8. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/newwood>. (Дата обращения: 10.10.2013).
9. Методические рекомендации для органов государственной власти субъектов Российской Федерации по обучению населения мерам пожарной безопасности. – М.: ВНИИПО, 2012. – 187 с.
10. Бычков, В.А. Определение зоны интенсивной противопожарной профилактики вблизи населенных пунктов в Красноярском крае / В.А. Бычков, А.И. Сухинин // Технологии гражданской безопасности. – 2004. – № 4. – С. 88-91.
11. Почитаева, М.В. Социоприродная среда как фактор формирования бережного отношения к природе у городских школьников / М.В. Почитаева // Природные ресурсы. – 2002. – № 4. – С. 105-112.
12. Почитаева, М.В. Особенности использования речевых конструкций в природоохранной пропаганде/ М.В. Почитаева // Астраханский вестник экологического образования. – 2012. – № 2. – С. 62-67.
13. Ковалев, С.В. Нейротрансформинг. Основы самоконсультирования / С.В. Ковалев. – М.: Профит Стайл, 2011. – 192 с.
14. Бендлер, Р. Структура магии. Т. 1. Книга о языке и психотерапии/ Р.Бендлер, Дж. Гриндер. – СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2004. – 256 с.
15. Иппаев, М.Д. Состояние и проблемы лесопожарных служб Республики Марий Эл / М.Д. Иппаев // Научному прогрессу – творчество молодых: международная молодежная научная конференция по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. – С. 62.
16. Греков, А.С. Муниципальная пожарная охрана, обучение мерам пожарной безопасности и противопожарная пропаганда как необходимые элементы обеспечения пожарной безопасности муниципального образования // Бизнес в законе. – 2009. – № 2. – С. 21-24.

Статья поступила в редакцию 15.10.13.

ПОЧИТАЕВА Маргарита Вилховна – кандидат педагогических наук, заведующий лабораторией «Современные образовательные технологии и управление учебным процессом при подготовке специалистов лесозоологического профиля», Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – лесная педагогика, экологическое образование, экологический туризм. Автор 62 публикаций.

E-mail: PochitaevaMV@volgatech.net

ИПЛАЕВ Максим Данилович – аспирант кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – лесная пирология, устойчивое лесопользование. Автор трёх публикаций.

E-mail: wolfimax@mail.ru

POCHITAEVA Margarita Vilkhovna – Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Laboratory «Modern Educational Technologies and Educational Process Management in Training of Forest and Ecology Specialists», Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – forest pedagogics, environmental education, ecotourism. The author of 62 publications.

E-mail: PochitaevaMV@volgatech.net

IPLAEV Maxim Danilovich – Post Graduate student at the Chair of Forestry, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – forest pyrology, sustainable forest management. The author of 3 publications.

E-mail: wolfimax@mail.ru

M. V. Pochitaeva, M. D. Iplaev

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF FOREST FIRE CONTROL

Key words: forest fire control; fire safety in forests; fire-safe propaganda; school forestry units; zone of intensive fire prevention; ecological education.

ABSTRACT

The analysis of statistics of forest fires in the Republic of Mari El (1979 – 2012) shows that at least 80 % of them are human-caused. Such fact stresses our attention on necessity of qualitative improvement of fire-prevention propaganda, taking into account individual peculiarities of citizens. The aim of the paper is to reveal peculiarities of fire propaganda management in order to improve its effectiveness and targeting. The data of sociological questionnaires and the analysis of data on statistics of forest fires in Mari El were collected. The obtained results showed that the speech constructions with affirmation-negation or prohibition expressions were prevailed in formulation of appeals to the population (posters, pamphlets, leaflets) directed to pay their attention to take fire precautions. Use of such method in fire-prevention propagation doesn't allow to form the stereotypes of fire-safety behavior in forests. For effective management of fire safety propagation it is important to identify key-places in the areas of intense fire propaganda with the aim to arrange effective informing of citizens. Speech constructions should be put in a positive way. Slogans is better to focus on concrete actions to be taken by a person to get skills of fire safe stay in forest. The authors offer an algorithm of fire-prevention propaganda activities which is based on addressness and personal approach. An important role in fire safe stay in forest plays training of population: school teachers, managers of tourist clubs, supervisors students practice, etc. (all the people who organize and spend some time in forests). This approach makes it possible to ground some corrections in the list of basic cultural competences, prescribed by the Federal Standard of Education.

References

1. URL:http://www.rosleshoz.gov.ru/forest_fires/ (Reference date: 04.02.2014).
2. Kuznetsov G.V., Baranovskiy N. V. Prognoz vozniknoveniya lesnykh pozharov i ikh ekologicheskikh posledstviy [Forecast of Forest Fires Occurrence and Their Ecological Consequence]. Ministerstvo obrazovaniya i nauki RF, Federalnoe agentstvo po obrazovaniyu, Tomskiy politekhnicheskii universitet [Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal Education Agency, Tomsk Polytechnical University]. Novosibirsk, 2009. 301 p.
3. Mikhalev Yu.A., Grumans V.M., Ryapolo-va L.M. Effektivnost profilaktiki lesnykh pozharov [Forest Fire Control Efficiency]. *Lesnoe khozyaystvo [Forestry]*. 2008. No 2. P. 42-43
4. Zhilin O.I. Sistemnyy podkhod k protivopozharnoy propagande i obucheniyu meram pozharnoy bezopasnosti – vazhneyshaya sostavlyayushchaya deyatel'nosti po profilaktike pozharov [System Approach to Fire-Safe Propaganda and Teaching Fire Safety Measures – Important Element for Fire Prevention Activity]. *Pozharovzryvbezopasnost [Fire and Explosion Safety]*. 2009. Vol.18. No 8. P. 33-37.
5. Ivanov A.V. Lesnaya pirologiya: konspekt lektsiy [Forest Pyrology: lectures plan]. Yoshkar-Ola: Mari State Technical University, 2010. 276 p.
6. Profilaktika i mery preduprezhdeniya lesnykh pozharov v sisteme lesoupravleniya Rossiyskoy Federatsii: pod obshch. red. E.P. Kuzmicheva [Forest Fire Control and Preventive Actions in Forest Administration System of the Russian Federation: under general editorship of E.P. Kuzmichev]. Moscow: Vsemirnyy bank, 2012. 104 p.
7. Rossiyskaya Federatsiya: Proekt «Reformirovanie lesoupravleniya i mery po borbe s lesnymi pozharemi v Rossii» [Russian Federation: Project «Forest Management Reforming and Fire-Control Actions in Russia»]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/e22/lesnoj%20proekt.docx> (Reference date: 04.02.2014).
8. Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 04.12.2006 N 200-ФЗ [Forestry Code of the Russian Federation dated 04.12.2006 N 200-ФЗ]. URL: <http://www.consultant.ru/popular/newwood>. – Zagl. s ekrana (Reference date: 20.01.2014).
9. Metodicheskie rekomendatsii dlya organov gosudarstvennoy vlasti subektov Rossiyskoy Federatsii po obucheniyu naseleniya meram pozharnoy bezopasnosti [Methodological Recommendations for State Government Bodies of Constituent Entities of the Russian Federation in Training of Population in the Field of Fire Safety]. Moscow: VNIPO, 2012. 187 p.
10. Bychkov V.A., Sukhinin A.I. Opredelenie zony intensivnoy protivopozharnoy profilaktiki vblizi naselennykh punktov v Krasnoyarskom krae [Determination of the Zone of Intensive Fire Prevention Near Populated Areas of Krasnoyarsk Territory]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti [Civil Security Technologies]*. 2004. No 4. P. 88-91.
11. Pochitaeva M.V. Sotsioprirodnaya sreda kak faktor formirovaniya berezhnogo otnosheniya k prirode u gorodskikh shkolnikov [Socionatural Environment as Formation of Factor of Careful Attitude to Nature of Urban Schoolchildren]. *Prirodnye resursy [Natural Resources]*. 2002. No 4. P. 105-112.
12. Pochitaeva M.V. Osobennosti ispolzovaniya rechevykh konstruktivnykh v prirodookhrannoy propagande [Peculiarities of Speech Construction Use in Nature Protection Propaganda]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya [Astrakhan Vestnik of Ecological Education]*. 2012. No 2. P. 62-67.
13. Kovalev S.V. Neyrotransforming. Osnovy samokonsultirovaniya [Neurotransforming. Fundamentals of Self-Consulting]. Moscow: Profit Stail, 2011. 192 p.
14. Bendler R., Grinder J. Struktura magii. T. 1. Kniga o yazyke i psikhoterapii. [Structure of Magic. Vol. 1. Book about Language and Psychotherapy]. Saint-Petersburg: Praym-EVROZNAK, 2004. 256 p.
15. Iplav M.D. Sostoyaniye i problemy lesopozharnykh sluzhb Respubliki Mariy El [Present-day Situation and Problems of Forest Protective Services]. Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh: mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya po estestvennonauchnym i tekhnicheskim distsiplinam [Research Progress – Youth Creativity: International Youth Research Conference on Natural and Technical Disciplines]. Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2012. P. 62.
16. Grekov A.S. Munitsipalnaya pozharnaya okhrana, obucheniye meram pozharnoy bezopasnosti i protivopozharnaya propaganda kak neobkhodimyye elementy obespecheniya pozharnoy bezopasnosti munitsipalnogo obrazovaniya [Municipal Fire Prevention, Teaching of Fire Safety Measures and Fire-Safe Propaganda as Necessary Elements of Assuring of Fire Safety in Municipal Education]. *Biznes v zakone [Business in Law]*. 2009. No 2. P. 21-24.

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 674.812-419

С. А. Угрюмов, А. С. Свешников

ОЦЕНКА АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ И МЕЖФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СТРУКТУРЕ ФАНЕРЫ С ВНУТРЕННИМИ СЛОЯМИ ИЗ ДРЕВЕСНО-КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ

Путём прямого эксперимента изучено влияние схем сборки пакетов фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции на величину адгезионной прочности и межфазного взаимодействия при равномерном отрыве и скалывании. Определены рациональные конструкции сборки пакетов фанеры.

Ключевые слова: фанера; луцёный шпон; древесно-клеевая композиция; адгезионная прочность; межфазное взаимодействие; структура пакета.

Введение. При производстве фанеры неизбежно образуются древесные отходы. Вовлечение в производство древесных композиционных материалов отходов деревоперерабатывающих производств способствует снижению себестоимости готовой продукции и их эффективной утилизации [1,2].

Целесообразно использование осмолённых древесных частиц из измельчённых отходов сопутствующего фанерного производства для изготовления внутренних слоёв фанеры. Основу прочности такого материала составляет луцёный шпон, а композиция на основе древесных частиц, смешанных с синтетическим связующим, служит наполнителем [3,4].

Производство фанеры с внутренним заполнением из древесно-клеевой композиции позволяет эффективно утилизировать образующиеся древесные отходы, снизить производственные затраты, расширить ассортимент выпускаемой продукции при сохранении её качества и конкурентоспособности, что является актуальным для деревообрабатывающей отрасли.

Возможность прогнозирования прочностных свойств фанеры, а также степени межфазного взаимодействия между листами шпона и внутренним заполнением является важной, поскольку позволяет регулировать схемы её сборки и рецептуру в зависимости от необходимых свойств и сфер применения.

© Угрюмов С. А., Свешников А. С., 2014.

Ссылка на статью: Угрюмов С. А., Свешников А. С. Оценка адгезионной прочности и межфазного взаимодействия в структуре фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 53-68.

Любая система адгезив (жидкость) – субстрат (твёрдое тело) характеризуется величиной адгезии и характером разрушения (типом нарушения связи между компонентами). Вопрос о характере разрушения имеет практическую значимость. Зная слабые места материала, можно искать пути повышения его работоспособности и долговечности [5,6]. Межфазное взаимодействие в фанере с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции проявляется на границах фаз: жидкость (связующее) – твёрдое тело (древесные частицы); жидкость (связующее) – твёрдое тело (лущёный шпон).

Под структурой пакета фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции будем понимать число слоёв шпона определённой толщины, чередующихся с внутренними слоями из осмолённых древесных частиц, полученных из измельчённых отходов фанерного производства. Рациональные структуры пакетов фанеры с внутренним заполнением на основе древесных частиц и их физико-механические свойства рассмотрены в работе [7].

Представляет также практический интерес оценка величины адгезионной прочности и межфазного взаимодействия на границе раздела фаз (слоёв лущёного шпона и древесно-клеевой композиции) в структуре фанеры.

Цель работы – оценка величины адгезионной прочности и межфазного взаимодействия на границах лущёного шпона и древесно-клеевой композиции в зависимости от схемы сборки пакета фанеры.

Решаемые задачи:

оценка величины межфазного взаимодействия и адгезионной прочности фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции в зависимости от структуры пакета, рекомендация рациональной схемы сборки пакета фанеры.

Методика проведения экспериментальных исследований. Образцы фанеры форматом 400х400 мм были изготовлены по различным схемам сборки в лабора-

торном гидравлическом прессе П100-400. При проведении опытных запрессовок применялся клей на основе карбамидо-формальдегидной смолы КФН-66 и отвердителя хлористого аммония, в наружных и промежуточных слоях использовался берёзовый лущёный шпон номинальной толщиной 1,5 мм, для внутреннего заполнения использовалась берёзовая специальная резаная стружка фракции 10/5, изготовление проводилось при следующих постоянных факторах:

- номинальная толщина фанеры 16 мм;
- температура прессования 130°C;
- удельное давление прессования 2 МПа;
- время выдержки под давлением 7 мин (0,44 мин/1 мм).

Готовые образцы фанеры кондиционировались в течение 1 суток, после чего раскраивались на соответствующие образцы для проведения испытаний.

В связи с отсутствием стандартной методики определения адгезионной прочности и величины межфазного взаимодействия фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции за основу взята методика оценки величины адгезионной прочности при отрыве листов шпона по ГОСТ 27325 [8] и методика определения прочности при скалывании по ГОСТ 9624 [9].

Сущность метода оценки адгезионной прочности при отрыве слоёв заключается в отрыве участка облицовывающего покрытия (листов лущёного шпона) от подложки (внутренних слоёв из древесно-клеевой композиции) в перпендикулярном к ней направлении в зависимости от конструкции сборки пакета фанеры с фиксацией разрушающей нагрузки.

Определение адгезионной прочности производили на образцах фанеры размерами 50х50 мм. На рабочую поверхность берёзового цилиндра ровным сплошным слоем наносили эпоксидный клей марки ЭДП ТУ 2385-039-54804491-2004. На поверхность покрытия по центру образца

наклеивали цилиндр перпендикулярно горизонтальной плоскости, после чего делали выдержку в течение 24 часов в помещении при температуре воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. После выдержки сверлили поверхность покрытия вокруг цилиндра до подложки, допуская появление следа сверления на внутреннем слое из древесно-клеевой композиции. Внешний вид образца для испытания фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид образца для определения адгезионной прочности

Для проведения испытаний применялась разрывная машина Р-5. Испытуемые образцы устанавливали в приспособление для испытаний. Приспособление для испытаний крепили к верхнему захвату машины через цилиндр по схеме, приведённой на рис. 2.

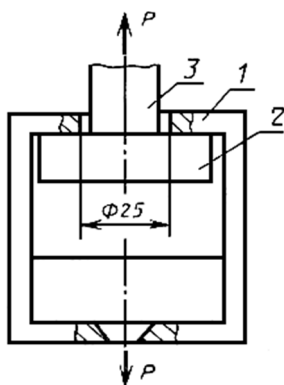


Рис. 2. Схема крепления образца в разрывной машине: 1 – захват образца; 2 – образец; 3 – берёзовый цилиндр

Для определения влияния конструкции сборки пакета на величину адгезионной прочности и межфазного взаимодействия испытания проводили для наружных и центральных листов шпона.

Схемы установки цилиндров при испытании адгезии наружных и центральных листов шпона в пакете в зависимости от конструкции сборки представлены на рис. 3.

По результатам испытаний определяли предел прочности и характер разрушения образца.

Для определения прочности при скалывании по границам раздела фаз были изготовлены образцы, представленные на рис. 4.

Длина образца составляла 85 мм, толщина – 16 мм. Ширина пропила определялась в зависимости от толщины пропила и составляла от 8 до 15 мм для осуществления возможности полного захвата испытательным приспособлением. Глубину пропила h определяли в зависимости от структуры пакета. Длина плоскости скалывания l составляла $(12,5 \pm 0,5)$ мм.

Определение предела прочности при скалывании по границам раздела фаз проводили на испытательной машине Р-5, оборудованной клиновыми захватами. Для каждого образца фиксировали разрушающую нагрузку, определяли предел прочности и характер разрушения.

Результаты проведения экспериментов. Общепринятой является следующая классификация типов разрушений: адгезионный (адгезив целиком отделяется от субстрата), когезионный (разрыв происходит по клеевому слою или подложке), смешанный (адгезионно-когезионный, при котором происходит частичное отделение адгезива (клеявого слоя) от субстрата (подложки) либо частичное разрушение субстрата и частичное разрушение адгезива).

Адгезионная прочность для основных схем сборки фанеры была определена экспериментально при равномерном отрыве наружных и центральных листов шпона.

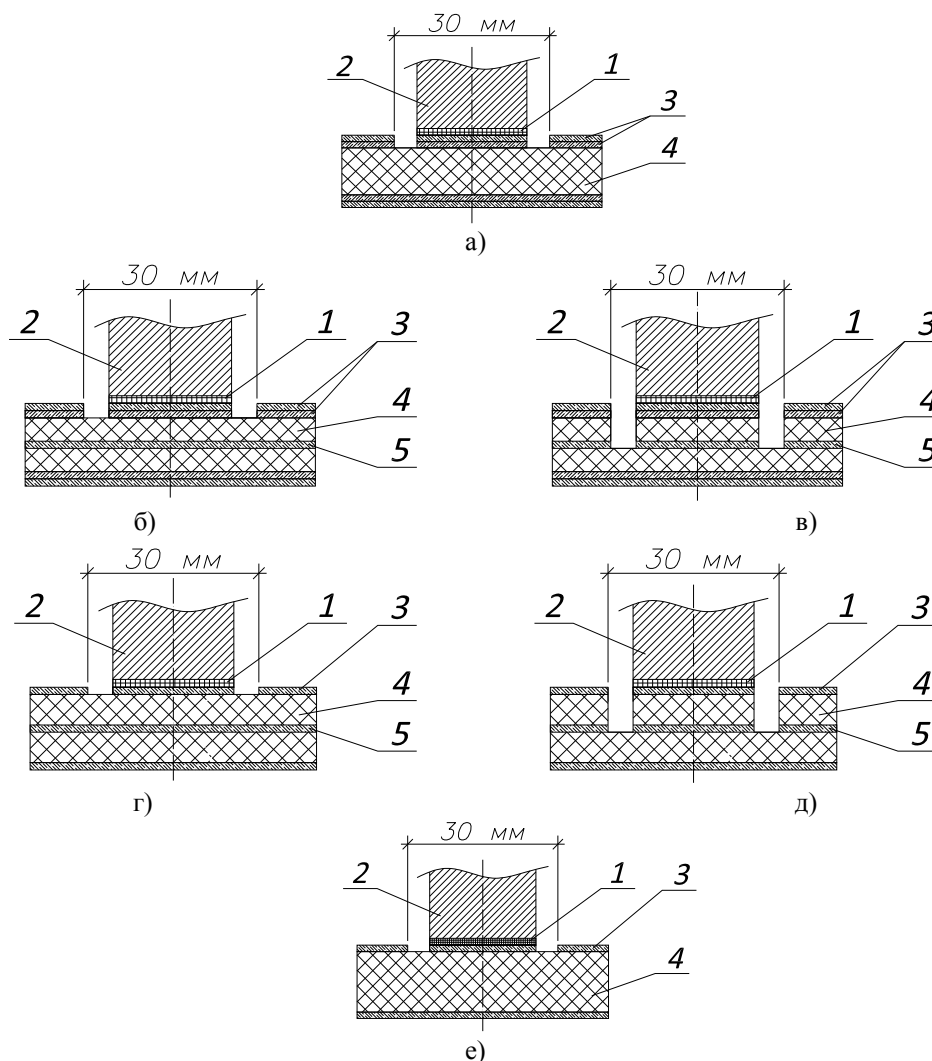


Рис. 3. Схемы установки цилиндров при испытании: а) схема сборки № 1 (наружные листы шпона); б) схема сборки № 2 (наружные листы шпона); в) схема сборки № 2 (центральный лист шпона); г) схема сборки № 3 (наружные листы шпона); д) схема сборки № 3 (центральный лист шпона); е) схема сборки № 4 (наружные листы шпона). 1 – слой эпоксидного клея; 2 – берёзовый цилиндр; 3 – наружные листы шпона; 4 – центральный лист шпона

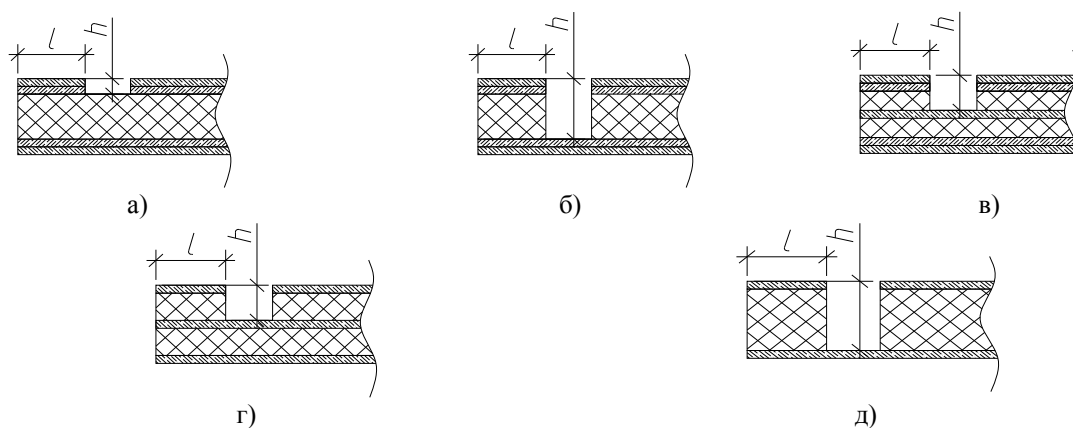


Рис. 4. Форма образцов для определения предела прочности при скалывании: а) схема сборки № 1 (верхние листы шпона); б) схема сборки № 1 (нижние листы шпона); в) схема сборки № 2; г) схема сборки № 3; д) схема сборки № 4

Доминирующий характер разрушения образцов после испытания по отрыву листов шпона представлен на рис. 5.



Рис. 5. Характерное разрушение образца фанеры при отрыве

Результаты экспериментальных исследований по определению адгезионной прочности фанеры с внутренними слоями

из древесно-клеевой композиции при отрыве листов шпона представлены в табл. 1.

Полученные данные показывают, что при отрыве листов шпона в основном наблюдается когезионный по древесно-клеевой композиции или смешанный характер разрушения, что свидетельствует о высокой прочности межфазного соединения.

Характер межфазного взаимодействия жидкости (связующего) с твёрдым телом (древесные частицы и шпон) на границе их взаимодействия в зависимости от схемы сборки фанеры определялся путём скалывания по границе контакта наружного листа шпона и внутреннего слоя из древесно-клеевой композиции, а также внутреннего слоя из древесно-клеевой композиции и центрального листа шпона.

Таблица 1

Адгезионная прочность фанеры при отрыве листов шпона от внутренних слоев из древесно-клеевой композиции

№ схемы сборки	Адгезионная прочность при отрыве листов шпона от внутренних слоёв из древесно-клеевой композиции, МПа						Тип разрушения образца при испытании	
	наружных листов шпона			центрального листа шпона			наружных листов шпона	центрального листа шпона
	среднее значение	среднее квадратическое отклонение	коэффициент вариации, %	среднее значение	среднее квадратическое отклонение	коэффициент вариации, %		
1	1,59	0,032	1,87	-	-	-	когезионный по внутреннему слою из древесно-клеевой композиции	-
2	1,63	0,051	3,35	1,25	0,033	2,40	смешанный (шпон/древесные частицы)	смешанный тип (шпон/древесные частицы)
3	1,67	0,050	3,23	1,23	0,015	0,81	когезионный по внутреннему слою из древесно-клеевой композиции	смешанный тип (шпон/древесные частицы)
4	1,65	0,112	6,82	-	-	-	смешанный тип (шпон/древесные частицы)	-



а)



б)



в)

Рис. 6. Характерное разрушение образцов при скалывании:
а) схема сборки № 1 (верхние листы шпона); б) схема сборки № 3; в) схема сборки № 4

Таблица 2

Прочность фанеры при скалывании по клеевому слою

№ схемы сборки	Прочность при скалывании по слоям, МПа			Основной тип разрушения образцов при испытании
	среднее значение	среднее квадратическое отклонение	коэффициент вариации	
1 (верхние листы шпона)	3,05	0,331	10,86	Когезионный по древесно-клеевой композиции
1 (нижние листы шпона)	3,1	0,192	6,20	Смешанный по клеевому шву между слоями шпона с вырывом волокон древесины из поверхности шпона
2	4,21	0,162	3,86	Когезионный по древесно-клеевой композиции
3	4,12	0,172	4,18	Когезионный по древесно-клеевой композиции
4	3,15	0,158	5,02	Когезионный по древесно-клеевой композиции

Для примера на рис. 6 приведены некоторые характерные разрушения образцов при скалывании в зависимости от структуры пакета.

Результаты экспериментальных исследований по определению прочности

фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции при скалывании представлены в табл. 2.

Полученные данные показывают, что при скалывании по клеевым слоям в основном наблюдается когезионный по дре-

весно-клеевой композиции или смешанный характер разрушения, что свидетельствует о высокой прочности межфазного соединения.

Интерпретация результатов эксперимента. При адгезионном отрыве слоёв шпона и при скалывании по граничным слоям фанеры с внутренними слоями на основе древесно-клеевой композиции в основном наблюдается когезионное разрушение по древесно-клеевой композиции независимо от схемы сборки. Высокая адгезионная прочность на границе раздела фаз (слоёв шпона и древесно-клеевой композиции) объясняется наличием клеевой прослойки с повышенным содержанием клея – контактирует осмоленный лист шпона и осмоленные древесные частицы.

Незначительная разница в величинах адгезионной прочности по границам фаз в зависимости от их месторасположения объясняется различием степени отверждения связующего по сечению фанеры – в процессе прессования температура в

центральных слоях меньше, чем в наружных, следовательно, полнота отверждения связующего во внутренних слоях меньше, чем в наружных.

Максимальный предел прочности при отрыве наблюдается у образцов фанеры со схемами сборки № 2, № 3 с наличием внутреннего слоя шпона [7], поэтому их рекомендуется использовать в ответственных конструкциях. С точки зрения организации технологического процесса простотой формирования пакета обладают схемы сборки № 1, № 4.

Выводы. Высокие показатели адгезионной прочности при отрыве листов шпона и глубокое межфазное взаимодействие на границе раздела слоёв шпона и слоёв из древесно-клеевой композиции позволяют сделать вывод о надёжности и хорошей несущей способности фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции, которая эффективно может использоваться в качестве конструкционного материала в различных сферах.

Список литературы

1. Стрелкова, В. П. Линии малой мощности для производства плит и других прессованных изделий из древесных и сельскохозяйственных отходов / В.П. Стрелкова, О.М. Новикова // Деревообрабатывающая промышленность. – 1993. – № 6. – С. 21–22.
2. Угрюмов, С. А. Организационно-техническое обеспечение производства композиционных материалов на основе древесных наполнителей и костры льна: монография / С.А. Угрюмов. – Кострома: КГТУ, 2008. – 147 с.
3. Угрюмов, С. А. Организация технологического процесса производства композиционной фанеры / С.А. Угрюмов, А.А. Смирнов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник: научно-информационный журнал. – 2006. – № 3. – С. 123–126.
4. Угрюмов, С. А. Разработка технологической последовательности производства композиционной фанеры / С. А. Угрюмов, Е. А. Боровков, А. Е. Щербakov // Вестник МГУЛ – Лесной вестник: научно-информационный журнал. – 2007. – № 6. – С. 120–123.
5. Берлин, А. А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 392 с.
6. Берлин, А.А. Принципы создания композиционных полимерных материалов / А. А. Берлин [и др.]. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
7. Угрюмов, С.А. Комплексное исследование свойств композиционной фанеры / С.А. Угрюмов, А.С. Свешников // Вестник МГУЛ – Лесной вестник: научно-информационный журнал. – 2010. – № 6. – С. 163–165.
8. ГОСТ 27325-87 (СТ СЭВ 5091-85) Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения адгезии лакокрасочных покрытий. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 7 с.
9. ГОСТ 9624-2009 Древесина слоистая клееная. Метод определения прочности при скалывании. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

Статья поступила в редакцию 24.12.13.

УГРЮМОВ Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Костромской государственной технологической университет (Российская Федерация, 156005, Кострома, ул. Дзержинского, 17). Область научных интересов – техника и технологии производства синтетических олигомеров, клеёных древесных материалов. Автор более 200 публикаций.

E-mail: ugr-s@yandex.ru

СВЕШНИКОВ Александр Сергеевич – инженер-проектировщик, ООО «Костромалеспроект» (Российская Федерация, 156601, Кострома, ул. Комсомольская, д. 4). Область научных интересов – производство древесных композиционных материалов. Автор 15 публикаций.
E-mail: mmarus@mail.ru

UGRUMOV Sergey Alexeyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Timber Cutting and Processing Industries, Kostroma State University of Technology (17, Dzerzhinskogo st., Kostroma, 156005, Russian Federation). Research interests – techniques and technologies of production of synthetical oligomers, bounded wood products. The author of more than 200 publications.
E-mail: ugr-s@yandex.ru

SVESHNIKOV Alexander Sergeyevich – planning engineer, LLC «Kostromalesproekt» (4, Komsomol'skaya st., Kostroma, 1566601, Russian Federation). Research interests – production of wood composite materials. The author of 15 publications.
E-mail: mmarus@mail.ru

S. A. Ugrumov, A. S. Sveshnikov

EVALUATION OF ADHESION STRENGTH AND INTERPHASE INTERACTION IN PLYWOOD STRUCTURE WITH INTERNAL LAYERS OF WOOD-ADHESIVE COMPOSITION

Key words: plywood; peeled veneer; wood-adhesive; adhesive strength; interphase interaction; plywood structure.

ABSTRACT

Introduction. Involvement in the production of wood composite materials waste of woodwork industries helps to reduce the cost of finished products and their effective utilization. It is advisable to use tarred wood particles of crushed waste concomitant plywood plant for manufacture of the inner layers of plywood. Assessment of adhesive strength and interphase interaction at the borders of phase interface (peeled veneer and wood-adhesive) in plywood structure is of practical interest. **The purpose of the work** is to estimate adhesion strength and interphase interaction at the borders of veneer sheets and wood-adhesive composition according to the structure of plywood. **Solvable tasks:** An estimate of the interphase interaction and adhesion strength of plywood with internal layers of wood adhesive composition depending on the package structure, the recommendation of a rational structure of plywood are the problems under consideration. **Methodology.** In the absence of a standard methodology for determining the adhesion strength and the value of interphase interaction of plywood with internal layers of wood-adhesive composition is taken as a basis for estimating the adhesion technique tearing strength veneers according to GOST (National standard) 27325 and method of determining the strength of chipping in accordance with GOST (National standard) 9624. **Experimental results.** Adhesive strength for the main schemes of plywood was determined experimentally by means of uniform avulsion of external and central veneers. The data show that in case of separation of the veneer sheets, cohesive in wood adhesive composition or mixed character of fracture are mainly observed. It indicates high interphase strength of the connection. Character of interphase interaction of liquid (binder) with the solid body (wood particles and veneer) on the border of their interaction depending on the structure of plywood was determined by cleaving at the contact boundary of the outer sheet veneer and an inner layer of wood-adhesive composition, as well as an inner layer of wood-adhesive composition and the central veneer sheet. Experimental results show that by chipping in adhesive layers, cohesive on wood adhesive composition or a mixed character of fracture, indicating interphase of high strength compound are observed. **Interpretation of the experimental results.** The maximum limit of tearing strength was observed in the samples of plywood № 2, № 3 with the presence of inner layer of veneer, so it is recommended to use them in critical structures. From the perspective of the technological process organization, simple packet assembly was observed in the schemes № 1 and № 4. **Conclusion.** High performance of adhesive tearing strength of veneer sheets and deep interphase interaction on the interface of the layers of veneer and layers of wood adhesive composition make it possible to make a conclusion about reliability and good bearing capacity of plywood with internal layers of wood-adhesive composition, which can be effectively used as a construction material in various fields.

References

1. Strelkova V.P., Novikova O.M. Linii maloy moshchnosti dlya proizvodstva plit i drugih pressovannykh izdeliy iz drevesnykh i selskokhozyaystvennykh otkhodov [Low Power Lines for Plates Production and Other Moldings of Wood and Agricultural Wastes]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost* [Wood Processing Industry]. 1993. No 6. P. 21–22.
2. Ugrumov S. A. Organizatsionno-tekhnicheskoe obespechenie proizvodstva kompozitsionnykh materialov na osnove drevesnykh napolniteley i kostrylna: monografiya [Organizational and Technical Production Support of Composite Materials Based on Wood Fillers and Shoves: monograph]. Kostroma: KGTU, 2008. 147 p.
3. Ugrumov S.A., Smirnov A.A. Organizatsiya tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva kompozitsionnoy fanery [Organization of Technological Process of Composite Plywood Production]. *Vestnik MGUL. Lesnoy Vestnik: nauchno-informatsionnyy zhurnal* [Vestnik of MSFU. Forest Vestnik: academic and information journal]. 2006. No 3. P. 123–126.
4. Ugrumov S.A., Borovkov E. A., Shcherbakov A. E. Razrabotka tekhnologicheskoy posledovatel'nosti proizvodstva kompozitsionnoy fanery [Development of Technological Order of Composite Plywood Production]. *Vestnik MGUL. Lesnoy Vestnik: nauchno-informatsionnyy zhurnal* [Vestnik of MSFU. Forest Vestnik: academic and information journal]. 2007. No 6. P. 120–123.
5. Berlin A.A., Basin V.E. Osnovy adgezii polimerov [Fundamentals of Polymers Adhesion]. Moscow: Khimiya Publ., 1974. 392 p.
6. Berlin A. A. Printsipy sozdaniya kompozitsionnykh polimernykh materialov [Principles of Manufacturing of Composite Polymer Materials]. Moscow: Khimiya Publ., 1990. 240 p.
7. Ugrumov S.A., Sveshnikov A.S. Kompleksnoe issledovanie svoystv kompozitsionnoy fanery [Complex Study of Composite Plywood Properties]. *Vestnik MGUL. Lesnoy Vestnik: nauchno-informatsionnyy zhurnal* [Vestnik of MSFU. Forest Vestnik: academic and information journal]. 2010. № 6. P. 163–165.
8. GOST 27325-87 (ST SEV 5091-85) Detali i izdeliya iz drevesiny i drevesnykh materialov. Metod opredeleniya adgezii lakokrasochnykh pokrytiy. [All Union State Standard 27325-87 (ST SEV 5091-85) Components and Goods of Wood and Woody Materials. Method for Adhesion Determination of Paintworks]. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1987. 7 p.
9. GOST 9624-2009 Drevesina sloistaya kleenaya. Metod opredeleniya prochnosti pri skalyvanii. [All Union State Standard 9624-2009 Layed and Laminated Wood. Strength Test in Case of Chipping]. Moscow: Standartinform, 2010. 16 p.

УДК 631.53.027.325

Д. А. Корепанов, В. Ю. Романов, Е. А. Васенев, С. И. Нигматуллин**УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ДЛИННОВОЛНОВЫМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ**

Описана структура функционирования установки ультрафиолетового излучения с длиной волны 315–3400 нм, предназначенной для предпосевной подготовки семян. Рассмотрены её преимущества перед аналогичными устройствами. Дана оценка практического использования устройства.

Ключевые слова: ультрафиолетовое облучение; посевные качества семян; энергия прорастания; всхожесть.

Введение. В современных условиях с целью улучшения посевных качеств семян и энергии прорастания, кроме традиционных агрономических, используют различные физические методы выведения их биологической системы из состояния покоя, в том числе и ультрафиолетовое (УФ) облучение [1]. Воздействие УФ-излучения (УФИ) с длиной волны 315–380 нм на семена основано на способности стимулировать фотохимические процессы в облучаемом биологическом объекте, активируя фенольный метаболизм в клетках, не вызывая мутационных изменений [2]. Известно, что УФ - свет инициирует образование активных форм кислорода (АФК), усиливая, таким образом, процесс перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембран [3].

Положительное влияние данного способа воздействия на растения и семена перед посевом известно давно [4] и в настоящее время с появлением новых технологий имеет большую практическую перспективу. При этом стимулирующее действие ультрафиолетового облучения на всхожесть проявляется только у семян пониженного класса качества, дающих в основном проростки с морфологическими

дефектами [5]. Под влиянием оптимальных доз происходит выравнивание популяции, что, по мнению С. В. Рыбкиной, приводит к увеличению количества стимулированных сеянцев [6]. Таким образом, предпосевная обработка семян УФ-излучением, улучшая энергию прорастания, способствует переводу семян из третьего класса качества во второй [7]. Недостатком известных устройств является использование в качестве источника ультрафиолетового излучения энергоёмких ртутных газоразрядных ламп, имеющих широкий спектр ультрафиолетового излучения. Поэтому для создания необходимой для стимуляции ростовых процессов семян длины волны 300 – 400 нм приходится использовать светофильтр, например УФС-3, снижающий мощность светового потока [8]. Кроме того, лампы сильно нагреваются, имеют громоздкий дроссельный механизм запуска горения [9], невысокую среднюю продолжительность горения (2700 часов у ДРТ-400 и 5000 часов у ЛЭ-30), низкочастотную пульсацию света и способствуют появлению в помещении озона, что создаёт угрозу здоровью обслуживающего персонала.

© Корепанов Д. А., Романов В. Ю., Васенев Е. А., Нигматуллин С. И., 2014.

Ссылка на статью: Корепанов Д. А., Романов В. Ю., Васенев Е. А., Нигматуллин С. И. Установка для повышения посевных качеств семян длинноволновым ультрафиолетовым облучением // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 62-68.

Цель работы – улучшение технических и экологических характеристик источника ультрафиолетового излучения в устройствах для предпосевной обработки семян, в том числе и лесных культур.

Решение задачи. В установке (рис. 1), разработанной в Поволжском государственном технологическом университете, в качестве источника ультрафиолетового излучения используется ультрафиолетовая энергосберегающая лампа Camelion LH26 FS/BLB/E27, номинальный срок службы которой составляет 10000 часов. Количество потребляемой электроэнергии 26 Вт в час, длина волны излучения находится в пределах 315 – 400 нм. Структурная схема установки приведена на рис. 2.

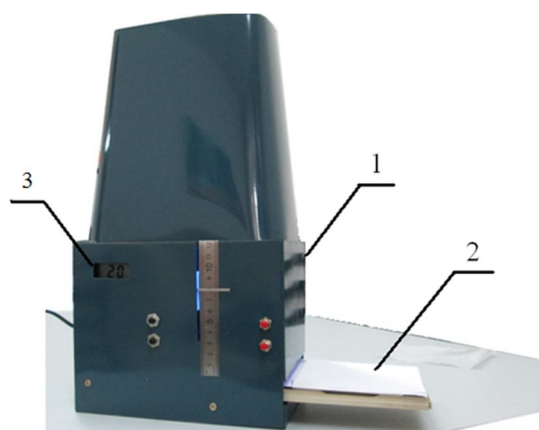


Рис. 1. Общий вид установки для предпосевной обработки семян: 1 – корпус; 2 – автоматический механизм подачи семян; 3 – блок индикации

Установка (табл. 1) прошла сертификацию в испытательной лаборатории ФБУ «Марийский ЦСМ» радиометрами «Аргус – 04» (зона УФ-излучения А - 315 - 380 нм), «Аргус – 05» (зона УФ-излучения Б- 280 - 315 нм), «Аргус – 06/1» (зона УФ-излучения С - 200 - 280 нм).

Из табл. 1 видно, что спектральные диапазоны жёсткого ультрафиолета, способные нанести световые повреждения (абerrации) семенам, отсутствуют. Кроме того, между высотой подвеса лампы и энергетической освещённостью прослеживается тесная связь (рис. 3), описываемая экспоненциальным распределением. Таким образом, необходимое время облучения складывается из этих двух составляющих.

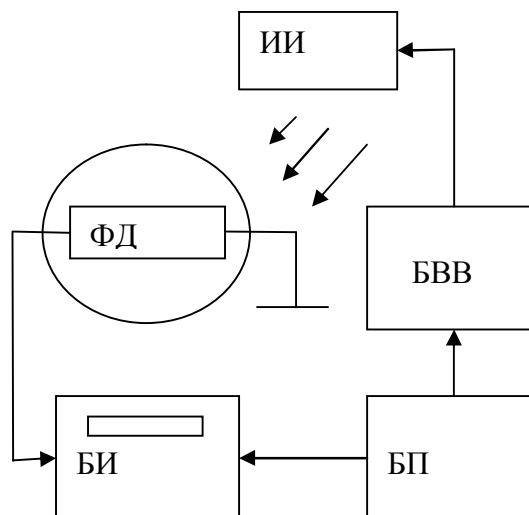


Рис. 2. Структурная схема установки УФ-облучения семян: ИИ – источник излучения; ФД – фотодиод; БВВ – блок выдержки времени; БП – блок питания; БИ – блок индикации

Таблица 1

Энергетическая освещённость, Вт, м²

Расстояние от лампы до объекта обработки, мм	УФ-А (315 – 380 нм)	УФ-В (280 – 315 нм)	УФ-С (200 – 280 нм)
105	5,0	0	0
95	5,8	0	0
85	7,1	0	0
75	8,5	0	0
65	10,6	0	0
55	13,6	0	0
45	17,3	0	0
35	22,9	0	0

При этом угол, соединяющий крайнюю точку зоны облучения на плоскости, практически равен 0° . Следовательно, согласно основному закону светотехники, облучённость от источника в точке на плоскости составит в Вт/м^2 :

$$E = \frac{I_\alpha}{h^2}, \quad (1)$$

где I_α – сила излучения на плоскости под углом; h – расстояние между источником излучения и плоскостью облучения по нормали (высота подвеса лампы).

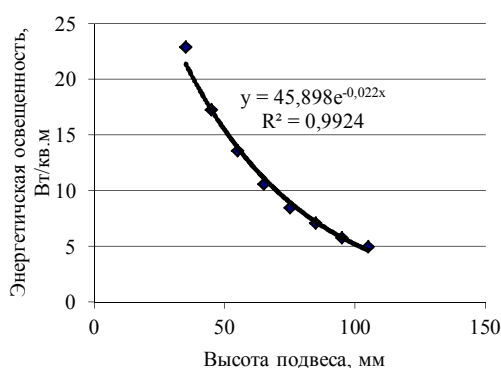


Рис. 3. Зависимость между высотой подвеса лампы и энергетической освещённостью

Источник излучения расположен на приводном резьбовом валу (рис. 4) посредством двух рычагов, на концах которых имеются резьбовые фланцы-гайки, которые в свою очередь навинчены на резьбовой вал, закреплённый в основании нижней части корпуса установки.

Резьбовой вал, расположенный в нижней части корпуса, закреплён в подшипниках качения, что позволяет ему вращаться вокруг своей оси.

Резьбовой вал имеет резьбу М6Х1, то есть за один оборот вала лампа перемещается на один миллиметр, что позволяет с высокой точностью изменять расстояние от источника излучения до опытной партии семян. Расстояние фиксируется при помощи специальной стальной ленты, выполненной в виде стрелки. Лента закреплена на источнике излучения и сквозь прорезь на нижней части корпуса может перемещаться по ней вверх и вниз (рис. 1). Рядом с прорезью расположена метрическая шкала с ценой деления 1 мм. Таким образом, за один оборот вращения резьбового вала стрелка по мерной шкале перемещается на один миллиметр.

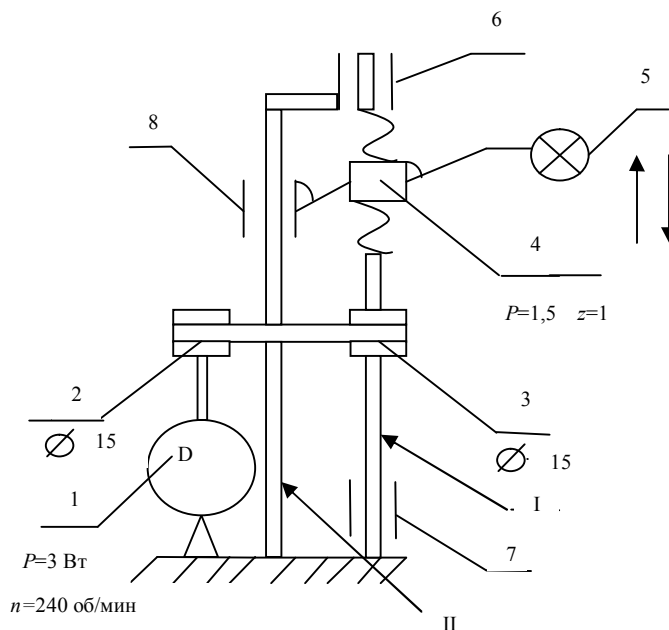


Рис. 4. Кинематическая схема подъёма (опускания) источника излучения: I – резьбовой вал; II – стойка; 1 – двигатель; 2 – шкив ведущий 15 мм; 3 – шкив ведомый; 4 – гайка; 5 – источник излучения; 6 – подшипник верхний; 7 – подшипник нижний; 8 – направляющая втулка

Резьбовой вал приводится во вращение от двигателя через шкивы, посредством ременной передачи через шкивы (рис. 4) с передаточным отношением 1:1.

Двигатель жёстко закреплён на нижней части основания корпуса посредством винтового соединения. Управление происходит посредством кнопок на передней панели корпуса устройства (рис. 1).

В качестве бункера для загрузки опытной партии семян используется автоматический механизм (рис. 5), позволяющий одновременно обработать партию семян 1000 штук весом около 5 г.

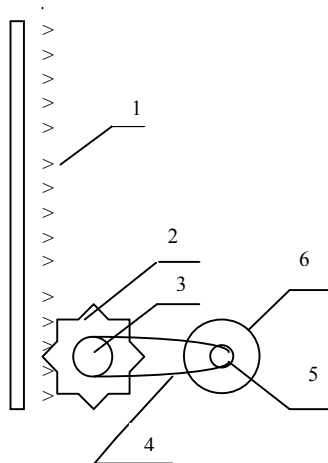


Рис. 5. Кинематическая схема механизма автоматической подачи семян: 1 – рейка зубчатая; 2 – шестерня реечная; 3 – шкив ведомый; 4 – ременная передача; 5 – шкив ведущий; 6 – электродвигатель

Механизм состоит из корпуса, закреплённого на нижней части основания установки, площадки для семян, расположен-

ной в направляющих корпуса и двигателя, позволяющего через приводные шестерни перемещать площадку по направляющим корпуса. Управление открытием и закрытием бункера происходит посредством кнопок на передней панели корпуса (рис. 1).

Для равномерного облучения семян автоматический механизм загрузки снабжён вибрирующим устройством.

Техника эксперимента. Эксперимент по проверке лабораторной всхожести облучённых семян ели европейской (*Picea excelsa* L.) проводился согласно ГОСТ 13056.6-97 [10]. Семена раскладывали в чашках Петри на ложе для проращивания при помощи пинцета, без соприкосновения друг с другом. На каждый вариант опыта было использовано 400 семян в четырёх повторностях [11]. Диапазон мощности радиации подобран по результатам предыдущих исследований, проведённых на установке для предпосевной обработки семян с ртутной газоразрядной лампой ДРТ 400 [12].

Интерпретация результатов. Результаты эксперимента по облучению семян ели 3 класса качества (табл. 2) показали значительное превышение всхожести облучённых семян над контрольными значениями. При этом наилучшей дозой облучения, необходимой для повышения энергии прорастания семян ели 3 класса качества ($t_{\text{факт.}}=3,16 > t_{\text{табл.}}=2,77$ при $P=0,05$ по сравнению с контролем), является $14,9 \text{ кДж/м}^2$.

Таблица 2

Основные статистические показатели результатов эксперимента

Доза облучения	Среднеарифметические значения всхожести, %	% к контролю	Коэффициент вариации, %	Точность опыта, %
Энергия прорастания				
Контроль	17,2±1,2	100	13,2	6,9
9,9 кДж/м ²	17,6±1,6	101	12,6	9,0
12,4 кДж/м ²	24,8±2,0	144	12,9	8,0
14,9 кДж/м ²	42,4±3,3	246	13,3	7,7
17,3 кДж/м ²	28,8±0,8	167	7,9	4,1
Всхожесть				
Контроль	62,8±1,8	100	2,7	2,8
9,9 кДж/м ²	64,0±2,8	101	9,1	4,4
12,4 кДж/м ²	70,4±2,6	112	8,5	3,7
14,9 кДж/м ²	78,0±4,4	124	10,2	5,7
17,3 кДж/м ²	66,0±4,0	105	15,0	6,1

Выводы. Проведённые исследования показали перспективность использования физических методов стимуляции ростовых процессов для интенсификации выращивания посадочного материала, при этом ультрафиолетовая предпосевная обработка семян представляет наибольший интерес, являясь простым и

энергоэкономичным способом выведения семян из состояния покоя, усиливая их способность к быстрому и, что очень важно, дружному прорастанию. В то же время действие ультрафиолетового облучения на всхожесть ярко выражено проявляется только у семян низкого класса качества.

Список литературы

1. Дубров, А.П. Действие ультрафиолетовой радиации на растения / А.П. Дубров. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 124 с.
2. Артюхов, В.Г. Влияние УФ - света на синтез некоторых белков лимфоцитами / В.Г. Артюхов, О.В. Башарина, И.Е. Лялина, Т.А. Дымова // IV съезд фотобиологов России: Сборник тезисов докладов на IV съезде фотобиологов России, 26 - 30 сентября 2005. – Саратов: ООО «Ракурс», 2005. – С. 9 – 11.
3. Рогожин, В.В. Физиолого-биохимические механизмы формирования гипобиотических состояний высших растений: автореф. дисс.... д-р биол. наук 03.00.12 / В.В.Рогожин. – Иркутск, 2009. – 59 с.
4. Козинский, В.А. Электрическое освещение и облучение / В.А.Козинский. – М.: Колос, 1991. – 240 с.
5. Веселова, Т.В. Изменение состояния семян при их хранении, проращивании и под действием внешних факторов (ионизирующего излучения в малых дозах и других слабых воздействий), определяемое методом замедленной люминесценции: автореф. дисс.... д-р биол. наук. – М., 2008. – 48 с.
6. Рыбкина, С.В. Изменчивость ростовых процессов ели европейской и сосны обыкновенной южной подзоны смешанных лесов под влиянием электромагнитного излучения оптического диапазона: автореф. дисс. ... канд. с.- х. наук. – Брянск, 2008. – 26 с.
7. Рыбкина, С.В. Применение оптического излучения для стимулирования прорастания семян ели европейской/ С.В. Рыбкина, М.В. Беляков // Лесной журнал. – 2007. – № 4. – С. 14 – 18.
8. Кондратьева, Н.П. Ультрафиолетовое облучение семян декоративных растений туи западной и ели колочей / Н.П. Кондратьева, Д.А. Корепанов, А.В. Бывальцев, Е.А. Перевозчиков // Известия международной академии аграрного образования. – 2011. – № 12. – С. 13 – 15.
9. Патент № 2278492, Российская Федерация, МПК А01С1/00 Устройство для предпосевной обработки семян оптическим излучением / Газалов В.С., Пономарева Н.Е.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА; - № 2004129357/12; заяв. 10.03.2006; опубл. 27.06.2006.
10. ГОСТ 13056.6 - 75. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 39 с.
11. Митропольский, А.К. Элементы математической статистики / А.К. Митропольский. – Л.: Наука, 1969. – 274 с.
12. Украинцев, В.С. Влияние ультрафиолетового облучения на повышение посевных качеств семян хвойных пород / В.С. Украинцев, Н.П. Кондратьева, Д.А. Корепанов, А.В. Бывальцев // Вестник Удмуртского университета. Серия 6: Биология. Науки о Земле. – 2011. – Выпуск 1. – С. 132-137.

Статья поступила в редакцию 27.01.14.

КОРЕПАНОВ Дмитрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – мониторинг болотных экосистем, физические методы предпосевной обработки семян. Автор более 100 публикаций.

E-mail: dk-81960@mail.ru

РОМАНОВ Василий Юрьевич – старший преподаватель кафедры эксплуатации машин и оборудования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – общее земледелие. Автор семи публикаций.

E-mail: romanov_vasiliy@mail.ru

VASENEV Евгений Александрович – студент радиотехнического факультета, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – робототехника. Автор двух публикаций.

E-mail: VasenevAL@volgatech.net

НИГМАТУЛЛИН Сулейман Ибраевич – доцент кафедры транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – проектирование механических приводов. Автор более 30 публикаций.

E-mail: Kttm@volgatech.net

KOREPANOV Dmitry Anatolyevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Ecology, Soil Science and Nature Management, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – monitoring of marsh ecosystems, physical methods of pretreatment of seeds. The author of more than 100 scientific papers.

E-mail: dk-81960@mail.ru

ROMANOV Vasily Yurevich – Senior Lecturer at the Chair of Operation of Machines and Equipment, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – geonics. The author of seven scientific papers.

E-mail: romanov_vasily@mail.ru

VASENEV Evgeny Alexandrovich – student of Radio Engineering Faculty, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – robotics. The author of two scientific papers.

E-mail: VasenevAL@volgatech.net

НИГМАТУЛЛИН Suleiman Ibraevich – Associate Professor at the Chair of Transport and Technological Machines, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – design of mechanical drives. The author of more than 30 scientific papers.

E-mail: Kttm@volgatech.net

D. A. Korepanov, V. Yu. Romanov, E. A. Vasenev, S. I. Nigmatullin

A DEVICE FOR IMPROVEMENT OF SOWING QUALITIES OF SEEDS WITH THE HELP OF LONGWAVE UV IRRADIATION

Key words: ultraviolet irradiation; sowing qualities of seeds; germination energy, germination

ABSTRACT

Ultraviolet exposure (wavelength of 315...380 nm) on seeds is based on the ability to stimulate photochemical processes in an irradiated biological object, activating phenolic metabolism in the cells. Positive effect of this method on plants and seeds before sowing has long been known. Nowadays with the advent of new technologies it has a great practical perspective. At the same time, it is necessary to improve technical and environmental characteristics of the source of UVR devices for pretreatment of seeds (forest plantations are included). Use of ultraviolet energy saving lamps as a source of radiation is one of the possible solutions. The lamps have a number of significant technical advantages over traditional devices used for improvement of sowing qualities of seeds. In the developed installation with the help of an automatic device of seeds supply, the latter come inside the insulated body, where they are exposed to radiation by the UVR source. The dose rate is displayed at the dose rate counter. The dose is calculated in advance depending on the seed weight and is selected by means of height of suspension source. Suspension height is set with the motion of the UVR source in the drive shaft. Device performance is 1000 seeds for 5-15 minutes depending on the dose level and weight of seeds. The laboratory studies have shown the promise of using UV methods based on the proposed device aimed at stimulation of the growth processes in order to intensify cultivation of planting material.

References

1. Dubrov A.P. Deystvie ultrafioletovoy radiatsii na rasteniya [UV Radiation Effect on Plants]. Moscow: AN SSSR Publ., 1963. 124 p.
2. Artukhov V.G., Basharina O.V., Lyalina I.E., Dymova T.A. Vliyanie UF - sveta na sintez nekotorykh belkov limfotsitami [UV Influence on the Synthesis of Some Proteins by Lymphocytes]. IV sezhd fotobiologov Rossii: sbornik tezisov dokladov na IV sezde fotobiologov Rossii, 26 – 30 sentyabrya 2005 [IV Meeting of Russian Photobiologists: collection of papers at the IV meeting of photobiologists, September 26-30, 2005]. Saratov: LLC «Rakurs», 2005. P. 9 – 11.
3. Rogozhin V.V. Fiziologo-biokhimicheskie mekhanizmy formirovaniya gipobioticheskikh sostoyaniy vysshikh rasteniy: avtoref. diss. ... d-r biol. nauk 03.00.12 [Physiological and Biochemical Mechanisms of Formation of Gypobiotic State of Higher Plants: autoref. Dr.Diss.Biol.Sci.]. Irkutsk: 2009. 59 p.
4. Kozinskiy V.A. Elektricheskoe osveshchenie i obluchenie [Electric Lighting and Radiation]. Moscow: Kolos, 1991. 240 p.
5. Veselova T.V. Izmenenie sostoyaniya semyan pri ikh khranении, prorashchivaniі i pod deystviem vneshnikh faktorov (ioniziruyushchego izlucheniya v mal'kikh dozakh i drugikh slab'kikh vozdeystviy), opredelyaemoe metodom zamedlennoy luminestsentsii: avtoref. diss. ... d-r biol. nauk [Change of Seeds Condition upon Storage, Germination and under the Effect of External Factors (Ionizing Radiation in Small Doses and Other Weak Exposures), Determining by the Slow Down Luminescence Method: autoref. Dr.Diss.Biol.Sci.]. Moscow, 2008. 48 p.
6. Rybkina S.V. Izmenchivost' rostovykh protsessov eli evropeyskoy i sosny obyknovennoy uznoy podzony smeshannykh lesov pod vliyaniem elektromagnitnogo izlucheniya opticheskogo diapazona: avtoref. diss. ... kand s. - h. nauk [Change of Norway Spruce and Scotch Pine Growth Processes in the Southern Subzone of Mixed Forests under the Effect of Electromagnetic Radiation of Optical Band: Diss.Cand.Agric.Sci.]. Bryansk, 2008. 140 p.
7. Rybkina S.V., Belyakov M.V. Primenenie opticheskogo izlucheniya dlya stimulirovaniya prorasvaniya semyan eli evropeyskoy [Application of Optical Emission for Stimulation of Norway Spruce Seed Sprouting]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. 2007. No 4. P. 14 – 18.
8. Kondrateva N.P., Korepanov D.A., Byvaltsev A.V., Perevozchikov E.A. Ultrafioletovoe obluchenie semyan dekorativnykh rasteniy tui zapadnoy i eli kolyuchey [Ultraviolet Irradiation of Seeds of Ornamental Plants of American Arborvitae and Colorado Spruce]. *Izvestiya mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya* [News of International Academy of Agrarian Education]. 2011. No 12. P. 13 – 15.
9. Gazalov V.S., Ponomareva N.E. Ustroystvo dlya predposevnoy obrabotki semyan opticheskim izlucheniem [Device for Seeds Pretreatment by Optical Emission]. Patent RF, no 2278492, 2006.
10. GOST 13056.6 - 75. Semena derevev i kustarnikov. Metody opredeleniya vshozhesti. [All Union State Standard 13056.6 - 75. Seeds of Trees and Bushes. Seedling Tests.]. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1986. 39 p.
11. Mitropolskiy A.K. Elementy matematicheskoy statistiki [Elements of Mathematical Statistics.]. Leningrad: Nauka, 1969. 274 p.
12. Ukraintsev V.S., Kondrateva N.P., Korepanov D.A., Byvaltsev A.V. Vliyanie ultrafioletovogo oblucheniya na povyshenie posevnykh kachestv semyan khvoynykh porod [UV Radiation Effect on Improvement of Sowing Qualities of Seeds of Coniferous Species]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya 6: Biologiya. Nauki o Zemle. Vypusk 1.* [Vestnik of Udmurt University. Ser. 6: Biology. Earth Sciences. Issue 1]. Izhevsk, UdGU, 2011. P. 132-137.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 577.13+576.535.2

Д. В. Кочкин, Е. С. Суханова, Р. В. Сергеев, А. М. Носов

ТРИТЕРПЕНОВЫЕ ГЛИКОЗИДЫ КУЛЬТУР КЛЕТОК *POLYSCIAS* SPP.

Впервые показано накопление тритерпеновых гликозидов олеаноловой кислоты в суспензионных культурах клеток двух видов полисциаса – *Polyscias filicifolia* и *P. fruticosa*. Один из обнаруженных гликозидов идентифицирован как полисциозид E.

Ключевые слова: культура клеток *in vitro*; ВЭЖХ; ЯМР; олеаноловая кислота; полисциозид E.

Введение. Своеобразие вторичного метаболизма растений семейства Аралиевых заключается в образовании значительных количеств тритерпеновых гликозидов различной структуры [1]. В настоящее время эти соединения обнаружены у представителей 24 родов *Araliaceae* [2], что составляет около трети от общего числа родов в семействе. В качестве агликонов гликозидов аралиевых выступают тритерпеноиды более десяти различных структурных типов [3], однако наибольший интерес представляют две основные группы соединений – производные пентациклического тритерпеноида β -амирина и тетрациклического тритерпеноида П-даммарендиола. Важно, что гликозиды с агликонами этих типов неравномерно распределены среди растений семейства

[4]: производные β -амирина обнаружены у всех исследованных аралиевых, тогда как гликозиды с агликонами даммаранового ряда встречаются, за редкими исключениями, только в различных видах женьшеня (род *Panax* L.).

Систематическое исследование химического состава представителей *Araliaceae* было начато более полувека назад. За прошедшее время показано, что в каждом изученном объекте тритерпеновые гликозиды представлены в виде сложных смесей, структурное многообразие компонентов которых поражает воображение исследователей. Ярким примером этого являются результаты изучения рода *Panax* spp., из различных видов которого в настоящее время выделено более 300 индивидуальных гликозидов [5,6].

© Кочкин Д. В., Суханова Е. С., Сергеев Р. В., Носов А. М., 2014.

Ссылка на статью: Кочкин Д. В., Суханова Е. С., Сергеев Р. В., Носов А. М. Тритерпеновые гликозиды культур клеток *Polyscias* spp. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 69-76.

Работы по получению и исследованию культур клеток растений *Araliaceae* стартовали одновременно с первыми успехами выяснения полной структуры тритерпеновых гликозидов аралиевых. Первые каллусные и суспензионные культуры клеток ряда видов *Panax* spp. и *Polyscias* spp. были получены в середине прошлого столетия [7, 8]. К настоящему времени получены десятки культур клеток видов семейства. В то же время исследования тритерпеновых гликозидов в полученных культурах, как правило, носят схематичный характер и сводятся к качественному и количественному анализу только тех компонентов, для которых доступны коммерческие стандартные образцы. Например, для культур клеток и тканей различных видов женьшеня обычно определяют содержание семи нейтральных гинзенозидов (Rg₁, Re, Rf, Rb₁, Rc, Rb₂, Rd) – основных тритерпеновых гликозидов корня настоящего женьшеня [9]. Очевидно, что результаты подобных исследований не дают представления о возможности образования в клетках *in vitro* сложного паттерна тритерпеновых гликозидов, характерного для растений семейства *Araliaceae in vivo*.

Цель настоящей работы заключалась в изучении возможности образования тритерпеновых гликозидов в суспензионных культурах клеток двух видов полисциаса – *Polyscias filicifolia* и *P. fruticosa*.

Условия эксперимента. Объектами исследования служили: суспензионная культура клеток *Polyscias filicifolia* Bailey. листового происхождения, получена в 1992 году, штамм БФТ-01-95 («коллекционный» штамм). Зарегистрирована во Всероссийской коллекции культур клеток высших растений (ВКККВР) под № 58. Суспензионная культура клеток *Polyscias filicifolia* Bailey. листового происхождения («новый» штамм), получена в 2006 году [10]. Суспензионная культура клеток *Polyscias fruticosa* (L.) Harms. листового происхождения, получена в 2006 году

[10]. Условия выращивания культур описаны ранее [10]. Для хроматографического анализа использовали воздушно-сухую биомассу культуры на 14 сутки роста.

Условия тонкослойной хроматографии (ТСХ) и высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием (ВЭЖХ-УФ) опубликованы ранее [11].

Выделение индивидуальных тритерпеновых гликозидов осуществляли с помощью колоночной хроматографии низкого давления и препаративной ВЭЖХ [12].

Масс-спектры высокого разрешения с ионизацией электрораспылением получены на приборе Bruker micrOTOF II (Bruker Daltonics, Германия). Спектры ¹H- и ¹³C-ЯМР растворов выделенных соединений в смеси пиридин-d₅/D₂O регистрировали на приборе Bruker Avance AV600 (Германия), внутренний стандарт тетраметилсилан, температура 303 К. Сигналы в спектрах ¹H- и ¹³C-ЯМР были отнесены [2] с помощью двумерных экспериментов ЯМР (¹H-¹H COSY, TOCSY, ROESY, ¹H-¹³C edHSQC и HMBSC).

Подготовка проб для анализа. 30 мг воздушно-сухой биомассы культуры клеток экстрагировали смесью метанол: вода (95:5 по объёму) в течение 30 мин. под действием ультразвука (УЗВ УХ 3560, GXET LTD, КНР) при комнатной температуре. Затем полученный экстракт центрифугировали 6 мин. при 3900 g (Микроцентрифуга МЦФ, Россия). Супернатант фильтровали через нейлоновой фильтр с порами 0,2 мкм (Acrodisc, Германия). Полученную пробу использовали для ВЭЖХ.

Результаты и обсуждение. Фитохимический анализ показал отсутствие в биомассе «коллекционного» штамма культуры клеток *Polyscias filicifolia* заметных количеств тритерпеновых гликозидов (рис. 1). На ТСХ экстрактов из биомассы «нового» штамма *P. filicifolia* были обнаружены четыре, а из биомассы *P. fruticosa* – два пятна, имевших типичную для тритерпеноидов синюю окраску. Полный кислотный гидролиз очищенных «глико-

зидных фракций» из биомассы *P. filicifolia* («новый» штамм) и *P. fruticosa* приводил к образованию в качестве основного продукта соединения, идентичного (по данным ТСХ) стандарту олеаноловой кислоты (рис. 2).

Совместная ТСХ экстрактов из культур клеток двух видов полисциаса и полученных листьев интактного растения *P. filicifolia* (из Вьетнама, любезно предоставлены канд. биол. наук. А.М. Котиним, ЗАО НПФ «Биофармтокс», Санкт-Петербург) показала, что хроматографические характеристики основных тритерпеновых гликозидов клеточных культур и листьев совпадали, поэтому для выяснения полной структуры обнаруженных соединений было осуществлено препаративное выделение сапонинов из листьев *P. filicifolia*. По данным ВЭЖХ, в листьях *P. filicifolia* присутствовало не менее семи тритерпеновых гликозидов, однако основными были четыре, которые были обозначены как **Pol 1**, **Pol 3**, **Pol 5** и **Pol 7**

(обозначения гликозидов даны в порядке уменьшения их полярности). В индивидуальном виде удалось получить самый полярный из обнаруженных гликозидов – **Pol 1** (0,8 %). В скобках указан выход гликозида от веса воздушно-сухого сырья.

Масс-спектр высокого разрешения отрицательных ионов **Pol 1** показал наличие основного иона $[M-H]^-$ с m/z 1117,5410, который соответствовал соединению $C_{54}H_{86}O_{24}$ (расчётное значение m/z 1117,5436).

Спектр 1H -ЯМР **Pol 1** содержал сигналы четырёх аномерных протонов H1 моносахаридов при 4,95 (1H, дублет, $J_{1,2}$ 6,8 Гц, 3-GlcA H-1), 5,18 (1H, дублет, $J_{1,2}$ 7,8 Гц, 4-Glc H-1), 5,42 (1H, дублет, $J_{1,2}$ 7,8 Гц, 2-Glc H-1) и 6,33 (1H, дублет, $J_{1,2}$ 7,8 Гц, 28-Glc H-1) м. д., семи третичных метильных групп агликона (все синглеты) при 0,81 (H25), 0,89 (H30), 0,91 (H29), 1,05 (H24), 1,08 (H26), 1,22 (H23) и 1,26 (H27) м. д. и одного третичного олефинового протона агликона при 5,41 (H12) м. д.

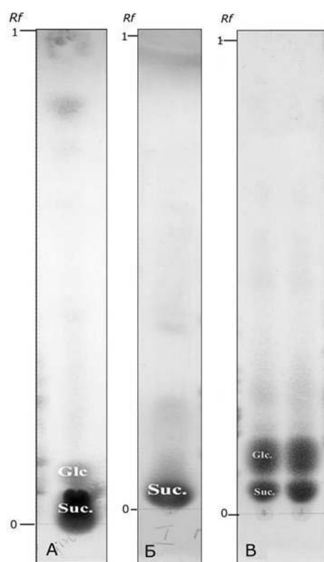


Рис. 1. ТСХ «гликозидных фракций» из биомассы культуры клеток *Polyscias filicifolia*, «коллекционный» штамм. Обозначения: А – каллусная культура; Б – суспензионная культура клеток, выращенная в колбах; В – суспензионная культура клеток, выращенная в биореакторе; Glc – глюкоза; Suc. – сахароза

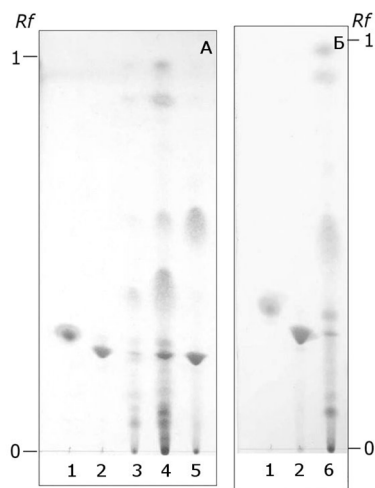


Рис. 2. ТСХ продуктов полного кислотного гидролиза «гликозидной фракции» из биомассы культур клеток *Polyscias filicifolia*, «новый» штамм (А) и *P. fruticosa* (Б). Обозначения: 1 – стандарт β -ситостерина; 2 – стандарт олеаноловой кислоты; 3, 4 – *P. filicifolia*, 5 и 10 мкл, соответственно; 5 – гидролизат «Сапарала®» – суммы тритерпеновых гликозидов из корней *Aralia elata* (Miq.) Seem; 6 – *P. fruticosa*, 5 мкл

Спектр ^{13}C -ЯМР **Pol 1** показал наличие сигналов шести насыщенных четвертичных атомов углерода агликаона (данные ^1H - ^{13}C НМБС) при 30,96 (C30), 39,47 (C4), 39,73 (C8), 36,91 (C10), 41,99 (C14) и 47,97 (C17) м. д., двух олефиновых атомов углерода при 122,88 (C12), 144,14 (C13) м. д. (рис. 3 и 4), и двух карбоксильных групп – замещённой у агли-

кона (176,44 м. д., C28) и незамещённой у глюкуроновой кислоты (172,01 м. д., C6, 3-GlcA). Кроме того, с помощью двумерных экспериментов ЯМР (^1H - ^{13}C edHSQC) было показано наличие в спектре ^{13}C -ЯМР **Pol 1** сигналов трёх незамещённых первичных гидроксильных групп гексоз при 62,22 (C6, 28-Glc), 62,42 (C6, 4-Glc) и 62,78 (C6, 2-Glc).

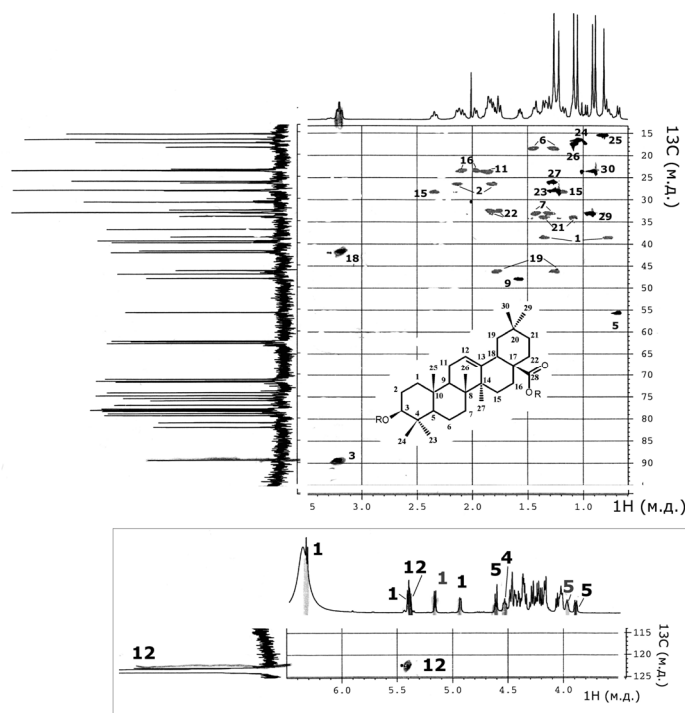


Рис. 3. Фрагменты спектра ^1H - ^{13}C edHSQC компонента Pol 1. Показаны отнесённые с помощью ^1H - ^1H COSY, TOCSY и ROESY сигналы агликона

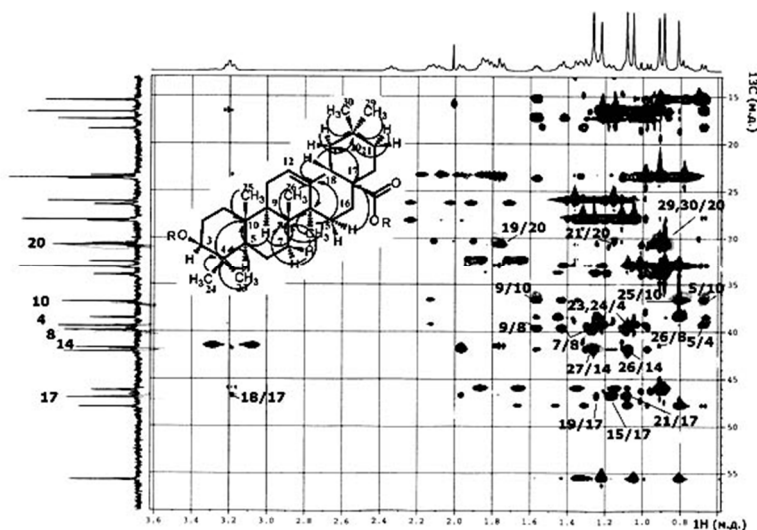


Рис. 4. Фрагмент спектра ^1H - ^{13}C HMBC компонента Pol 1. Показано отнесение сигналов четвертичных атомов углерода агликона. Отнесение C13 не представлено

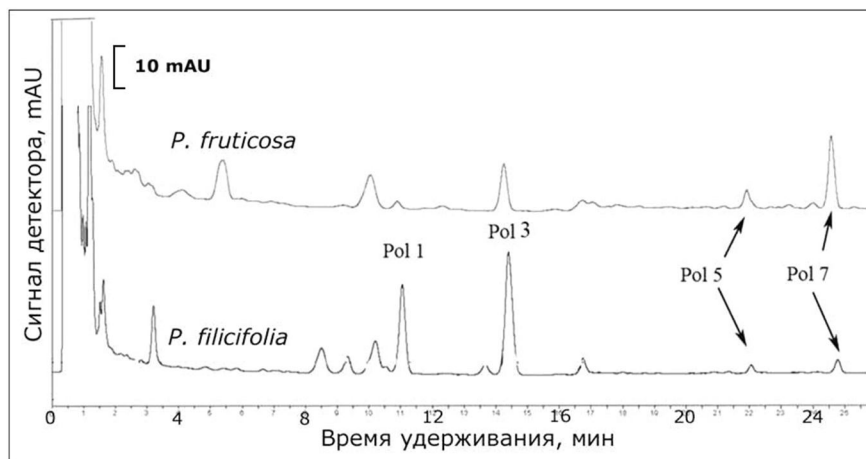


Рис. 5. Профили ВЭЖХ-экстрактов биомассы *Polyscias filicifolia*, «новый» штамм и *P. fruticosa*. Обозначения: Pol 1, 3, 5, 7 – пики соединений, времена удерживания которых совпали с таковыми у образцов гликозидов, выделенных из листьев *P. filicifolia*

Полученные результаты свидетельствуют, что **Pol 1** являлся бисдесмозидом олеаноловой кислоты, содержащим три остатка β -D-глюкопиранозы и один остаток β -D-глюкуронопиранозы. При этом β -конфигурация аномерных центров моносахаридов была установлена в соответствии с высокими значениями константы спин-спинового взаимодействия (KCCB) $J_{1,2}$ (6,8–7,8 Гц) и наличием при ROESY эксперименте типичных для β -сахаров корреляционных пиков H1/H3, H5. Места присоединения углеводных фрагментов к агликону, а также последовательность соединения моносахаридов друг с другом, определены с помощью экспериментов ROESY и HMBC.

Таким образом, на основании полученных результатов сделан вывод, что **Pol 1** имеет строение 28-O- β -D-глюкопиранозилового эфира 3-O- β -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-O-[β -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)]-O- β -D-глюкуронопиранозиды олеаноловой кислоты и является идентичным полисциозиду E, найденному ранее в корнях *Polyscias fruticosa* [13], листьях *P. scutellaria* [14] и *P. guilfoylei* [15].

С помощью ВЭЖХ (рис. 5) было установлено, что полисциозид E присутствовал в биомассе как культуры *P. filicifolia* («новый» штамм), так и *P. fruticosa*. При этом наибольшее содержание данного гликозида (на 14 сутки роста) было от-

мечено у культуры клеток *P. filicifolia* («новый» штамм).

По данным ТСХ и ВЭЖХ, другие гликозиды, обнаруженные в биомассе культур клеток объектов исследования, были идентичны гликозидам **Pol 3**, **Pol 5** и **Pol 7** из листьев *P. filicifolia*, однако их структура требует дальнейшего изучения. В культуре клеток *P. filicifolia* («новый» штамм) основным был (наряду с полисциозидом E) **Pol 3**, а в культуре клеток *P. fruticosa* – **Pol 3** и **Pol 7** (рис. 5).

Стоит отметить, что полисциозид E ранее уже был найден в корнях и листьях различных видов полисциаса [13–15], однако в культуре клеток *in vitro* данный гликозид описан впервые.

Вывод. Можно заключить, что исследованные виды полисциаса сохраняют способность к образованию определённого набора гликозидов олеаноловой кислоты в условиях культуры клеток. Факт отсутствия тритерпеновых гликозидов в биомассе «коллекционного» штамма *P. filicifolia*, который к моменту исследования поддерживался в растущем состоянии около 20 лет, позволяет, опираясь на данные литературы [16], высказать предположение о том, что длительное выращивание культуры клеток может приводить к существенному снижению содержания олеанановых гликозидов. Однако для доказательства этого утверждения требуются дополнительные исследования.

Список литературы

1. Еляков, Г. Б. Гликозиды аралиевых / Г.Б. Еляков, Ю.С. Оводов // Химия природных соединений. – 1972. – Т. 6. – С. 697-709.
2. Гришкова, В. И. Тriterпеновые гликозиды аралиевых: выделение, установление строения, биологическая активность и хемотаксономическое значение: дис. докт. хим. наук / Гришкова Владимир Иванович // URL: <http://www.ukrreferat.com/index.php?referat=70466&pg=0>, – 2004. – 460 с.
3. Christensen, L. P. Ginsenosides chemistry, biosynthesis, analysis, and potential health effects // Advances in Food Nutrition Research. – 2008. – Vol. 55. – P. 1–99.
4. Dinda, B. Naturally occurring triterpenoid saponins / B. Dinda, S. Debnath, B.C. Mohanta, Y. Harigaya // Chemistry & Biodiversity. – 2010. – Vol. 7. – P. 2327–2580.
5. Qi, L.-W. Isolation and analysis of ginseng: advances and challenges / L.-W. Qi, C.-Z. Wang, C.-S. Yuan // Natural Product Reports. – 2011. – Vol. 28. – P. 467–495.
6. Суханова, Е. С. Ростовые и биосинтетические характеристики разных штаммов культур клеток растений рода *Polyscias* / Е. С. Суханова, Д. В. Кочкин, М. В. Титова, А. М. Носов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 2(16). – С. 57-66.
7. Бутенко, Р. Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений / Р. Г. Бутенко. – М.: Наука, 1964. – 272 с.
8. Слепая, Л. И. Культура тканей некоторых видов рода *Polyscias* J.R. et G. Forst. (Araliaceae) / Л.И. Слепая, Н.Н. Арнаут, И.В. Грушвицкий // Растительные ресурсы. – 1975. – Т. 11. – С. 198-204.
9. Wu, J. Production of ginseng and its bioactive components in plant cell culture: Current technological and applied aspects / J. Wu, J.J. Zhong // Journal of Biotechnology. – 1999. – Vol. 68. – P. 89–99.
10. Суханова, Е. С. Получение и характеристика каллусных и суспензионных культур клеток *Polyscias filicifolia* и *Polyscias fruticosa* / Е.С. Суханова, Н.Д. Черняк, А.М. Носов // Биотехнология. – 2010. – № 4. – С. 44-50.
11. Суханова, Е. С. Влияние предшественника синтеза изопреноидов на ростовые и биосинтетические характеристики культуры клеток *Polyscias fruticosa* (L.) Harms. / Е.С. Суханова, Д.В. Кочкин, Э.И. Гафиятова, А.М. Носов // Вестник СВФУ им. А.К. Амосова. – 2011. – Т. 8. – С. 40-44.
12. Court, W. E. The principal active chemicals in *Panax* species // Ginseng: The Genus *Panax*. [ed. Court W.E.]. – New York : Harwood Academic Publishers, 2000. – P. 551–16.
13. Huan, V. D. Oleanane saponins from *Polyscias fruticosa* / V.D. Huan, S. Yamamura, K. Ohtani, R. Kasai, K. Yamasaki, N.T. Nham, H.M. Chau // Phytochemistry. – 1998. – Vol. 47. – P. 451-457.
14. Paphassarang, S. Triterpenoid saponins from *Polyscias scutellaria* / S. Paphassarang, J. Raynaud, M. Lussignol // Journal of Natural Products. – 1989. – Vol. 52. – P. 239-242.
15. Thi, N. A. T. Oleanane saponins from *Polyscias guilfoylei* Bail. (Araliaceae) / N.A.T. Thi, N.A.T. Thuy, N.T.H. Thi, N.S. Ngoc, N.P.P. Kim // Science & Technology Development. – 2009. – Vol. 12. – P. 21-28.
16. Verpoorte, R. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites / R. Verpoorte, A. Contin, J. Memelink // Phytochemistry Reviews. – 2002. – Vol. 1. – P. 13–25.

Статья поступила в редакцию 21.11.13.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт № 16.552.11.7089 от 12 июля 2012 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «ПГТУ» и Межгосударственной целевой программы ЕвразЭС «Инновационные биотехнологии» (государственный контракт № 16.M04.12.0003).

КОЧКИН Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры физиологии растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1). Область научных интересов – физиология растений. Автор 10 публикаций.

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

СУХАНОВА Елена Сергеевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры физиологии растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1). Область научных интересов – культура клеток, вторичный метаболизм высших растений. Автор 17 публикаций.

E-mail: mushilda@mail.ru

СЕРГЕЕВ Роман Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – биотехнология. Автор более 20 публикаций.

E-mail: sergeyevrv@volgatech.net

НОСОВ Александр Михайлович – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, зав. отделом биологии клетки и биотехнологии, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (Российская Федерация, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 35). Область научных интересов – биотехнология. Автор более 100 публикаций.

E-mail: amn@ippras.ru

KOCHKIN Dmitry Vladimirovich – Candidate of Biological Sciences, Research officer at the Chair of Plant Physiology, Biological Faculty, Moscow State University named after M. V. Lomonosov (1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation). Research interests – plant physiology. The author of 10 publications.

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

SUKHANOVA Elena Sergeyevna – Candidate of Biological Sciences, Research officer at the Chair of Plant Physiology, Biological Faculty, Moscow State University named after M. V. Lomonosov (1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation). Research interests – cell culture, secondary metabolism of higher plants. The author of 17 publications.

E-mail: mushilda@mail.ru

SERGEEV Roman Vladimirovich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Chair of Wood Selection, Non-Woody Resources and Biotechnology, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – biotechnology. The author of more than 20 publications.

E-mail: sergeyevrv@volgatech.net

NOSOV Alexander Mikhailovich – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Chair of Plant Physiology, Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Head of the Department of Cytobiology and Biotechnology, Institute of Plant Physiology named after K.A. Timiryazev, RAS (35, Ul. Botanicheskaya, Moscow, 127276, Russian Federation). Research interests – biotechnology. The author of more than 100 publications.

E-mail: amn@ippras.ru

D. V. Kochkin, E. S. Sukhanova, R. V. Sergeev, A. M. Nosov

TRITERPENE GLYCOSIDES OF POLYSCIAS SPP. CELL CULTURES

Key words : cell culture in vitro; HPLC; NMR; oleanolic acid; polyscioside E.

ABSTRACT

*Pol 1 was a bidesmoside of oleanolic acid containing three residues of β -D-glucopyranose and one residue of β -D-glucuronepyranose. β -configuration of anomeric centers of monosaccharides was determined in accordance with high values of spin-spin coupling constants (KCCB) J1,2 (6.8-7.8 Hz) and presence in ROESY experiment of typical for β -sugar of correlation peaks H1/H3, H5. Connection places of carbohydrate elements to aglycon as well as consequence of monosaccharides combination with each other were determined by means of ROESY and HMBC experiments. Pol 1 has a structure of 28-O- β -D-glucopyranosyl ether 3-O- β -D-glucopyranosyl - (1 $\rightarrow$ 4)-O-[β -D-glucopyranosyl -(1 $\rightarrow$ 2)]-O- β -D-glucuronopyranoside of oleanolic acid and is identical to polyscioside E, earlier discovered in the roots of *Polyscias fruticosa*, leaves of *P. scutellaria* and *P. guilfoylei*. It was revealed there was polyscioside E both in the biomass of *P. filicifolia* («new strain») and in *P. fruticosa*. At that, the biggest contain of this glycoside (14th day of growth) was found in *P. filicifolia* («new strain»). According to TLC and HPLC, other glycosides, found in the biomass of the studied cells, were identical to glycosides of Pol 3, Pol 5 and Pol 7 from the leaves of *P. filicifolia*. Nevertheless, their structure needs to be studied yet. In *P. filicifolia* («new strain») the main glycoside was Pol 3 (together with polyscioside E) and in *P. fruticosa* — Pol 3 and Pol 7.*

References

1. Elyakov G. B., Ovodov Yu.S. Glikozidy araliyevykh [Araliaceae Glycosides]. *Khimiya prirodnikh soedineniy* [Chemistry of Natural Products]. 1972. Vol. 6. P. 697-709.
2. Grishkovets V.I. Triterpenovye glikozidy araliyevykh: vydelenie, ustanovlenie stroeniya, biologicheskaya aktivnost i khemotaksonomicheskoe znachenie: dis.dokt.khim.nauk [Oxylisane Araliaceae Glycosides: Extraction, Characterization, Biological Activity and Khemotaxonomic Significance : Diss. Doc.Chem.Sci.]. URL: <http://www.ukrreferat.com/index.php?referat=70466&pg=0>, 2004. 460 p.
3. Christensen L. P. Ginsenosides Chemistry, Biosynthesis, Analysis, and Potential Health Effects. *Advances in Food Nutrition Research*. 2008. Vol. 55. P. 1-99.
4. Dinda B., Debnath S., Mohanta B.C., Harigaya Y. Naturally Occurring Triterpenoid Saponins. *Chemistry & Biodiversity*. 2010. Vol. 7. P. 2327-2580.
5. Qi L.-W., Wang C.-Z., Yuan C.-S. Isolation and Analysis of Ginseng: Advances and Challenges. *Natural Product Reports*. 2011. Vol. 28. P. 467-495.
6. Sukhanova E. S., Kochkin D.V., Titova M.V., Nosov A.M. Rostovye i biosinteticheskie kharakteristiki raznykh shtamov kultur kletok rasteniy roda *Polyscias* [Growth and Biosynthetic Characteristics of Different Strains of Cell Culture of *Polyscias* Plants]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. No 2(16). P. 57-66.
7. Butenko R. G. Kultura izolirovannykh tkaney i fiziologiya morfogeneza rasteniy [Culture of Isolates Tissues and Physiology of Plants Morphogenesis]. Moscow: Nauka, 1964. 272 p.
8. Slepyan L. I., Arnautov N.N., Grushvitskiy I.V. Kultura tkaney nekotorykh vidov roda *Polyscias* J.R. et G. Forst. (Araliaceae) [Culture of Tissues of Some Types of *Polyscias* J.R. et G. Forst. (Araliaceae)]. *Rastitelnye resursy* [Plant Resources]. 1975. Vol. 11. P. 198-204.
9. Wu J., Zhong J.J. Production of Ginseng and Its Bioactive Components in Plant Cell Culture: Current Technological and Applied Aspects. *Journal of Biotechnology*. 1999. Vol. 68. P. 89-99.
10. Sukhanova E. S., Chernyak N.D., Nosov A.M. Poluchenie i kharakteristika kallusnykh i suspenzionnykh kultur kletok *Polyscias filicifolia* i *Polyscias fruticosa* [Obtaining and Characteristics of Callus and Suspension Cultures of *Polyscias filicifolia* and *Polyscias fruticosa* Cells]. *Biotehnologiya* [Biotechnology]. 2010. No 4. P. 44-50.
11. Sukhanova E. S., Kochkin D.V., Gafiyatova E.I., Nosov A.M. Vliyanie predshestvennika sinteza izoprenoidov na rostovye i biosinteticheskie kharakteristiki kultury kletok *Polyscias fruticosa* (L.) Harms. [Influence of Precursor of Synthesis of Isoprenoids on Growth and Biosynthetic Characteristics of *Polyscias fruticosa* (L.) Harms Cell Culture]. *Vestnik SVFU im. A.K. Amosova* [Vestnik of North-Eastern Federal University named after A. K. Amosov]. 2011. Vol. 8. P. 40-44.
12. Court W. E. The Principal Active Chemicals in *Panax* Species. Ginseng: The Genus *Panax*. New York : Harwood Academic Publishers, 2000. P. 551-16.
13. Huan V. D., Yamamura S., Ohtani K., Kasai R., Yamasaki K., Nham N.T., Chau H.M. Oleanane Saponins from *Polyscias fruticosa*. *Phytochemistry*. 1998. Vol. 47. P. 451-457.
14. Paphassarang S., Raynaud J., Lussignol M. Triterpenoid Saponins from *Polyscias scutellaria*. *Journal of Natural Products*. 1989. Vol. 52. P. 239-242.
15. Thi N. A. T., Thuy N.A.T., Thi N.T.H., Ngoc N.S., Kim N.P.P. Oleanane Saponins from *Polyscias guilfoylei* Bail. (Araliaceae). *Science & Technology Development*. 2009. Vol. 12. P. 21-28.
16. Verpoorte R., Contin A., Memelink J. Biotechnology for the Production of Plant Secondary Metabolites . *Phytochemistry Reviews*. 2002. Vol. 1. P. 13-25.

УДК 630*232.311.3

Т. Н. Криворотова, О. В. Шейкина

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ И НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Проведены сравнительные исследования генетической структуры лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной на основе анализа ISSR-фрагментов ДНК. Установлено, что лесосеменные плантации имеют уровень генетической изменчивости не ниже чем сформированные в природе насаждения. Изученные лесосеменные плантации и насаждения не отличаются большой генетической дифференциацией, и основная доля генетической изменчивости находится внутри изученных групп деревьев (87,3 %).

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*; лесосеменные плантации; насаждения; генетическая структура; ISSR-маркеры.

Введение. Сохранение и воспроизводство биологического разнообразия является крайне актуальной задачей современного мира и занимает особое место среди глобальных проблем современности [1, 2]. Важнейшим фактором сокращения биоразнообразия является нерациональная хозяйственная деятельность без учёта структуры внутривидовой изменчивости и генетической подразделённости видов. Отрицательные последствия возникают не только при использовании биологических ресурсов, но и при проведении работ по их воспроизводству. Следовательно, одним из главных принципов неистощительного природопользования должно быть максимальное сохранение генетического разнообразия в процессе их использования и искусственного воспроизводства.

Традиционные методы лесной селекции, используемые при создании искусственных насаждений, базируются на отборе лучших по продуктивности растений на основе морфологических признаков,

при этом генетическая компонента не учитывается. Селекционные работы по созданию искусственных насаждений без учёта генетических характеристик могут приводить к потерям их генетического разнообразия. Снижение генетического разнообразия может происходить из-за того, что используется ограниченное число плюсовых деревьев при создании лесосеменных плантаций, а также из-за неравного распространения гамет клонами, отличающимися по урожайности [3]. M.U. Stoehr и Y.A. El-Kassaby выделяют несколько шагов в селекции древесных видов, во время которых может быть снижен уровень генетической изменчивости, если не быть достаточно осторожными [4]. Это этап отбора по фенотипу, разные циклы селекции, получение семян и сеянцев. На всех этапах селекционного процесса должен выполняться систематически мониторинг [5]. Для решения данного вопроса, в том числе, необходимы генетические исследования созданных лесосеменных плантаций и сравнение получен-

© Криворотова Т. Н., Шейкина О. В., 2014.

Ссылка на статью: Криворотова Т. Н., Шейкина О. В. Генетическая структура лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 77-86.

ных данных с параметрами генетического разнообразия сформированных в природе популяций, которые могут рассматриваться как альтернативный источник семян.

С использованием молекулярно-генетических маркеров были проведены ряд исследований по оценке влияния селекционных мероприятий на уровень генетического разнообразия. В частности, некоторыми исследователями было показано, что отбор по фенотипу не приводит к значительному снижению генетического разнообразия на лесосеменных плантациях, где уровень генетической изменчивости близкий или даже превышает показатели, характерные для природных популяций [6–13]. Так, например, исследования сосны обыкновенной по 15 изоферментным локусам в Беларуси показали, что величина наблюдаемой гетерозиготности (H_o) почти не отличается на плантациях и в природных популяциях и равняется 0,314 и 0,321 соответственно [14]. В то же время было установлено, что на лесосеменных плантациях ожидаемая гетерозиготность (H_e) меньше, чем в природных популяциях (0,303 и 0,237 соответственно) и это может указывать на потерю некоторого количества изменчивости при искусственном отборе. В работе З. Х. Шигапова показано, что на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной с числом клонов менее 50 не сохраняется разнообразие природных популяций [15]. При этом выявлено существенное увеличение общего генетического разнообразия лесосеменных плантаций при использовании нескольких сот клонов.

Необходимо отметить, что упомянутые выше исследования были проведены в основном на основе использования изоферментных маркеров, которые отражают только изменчивость в ограниченных кодирующих участках ДНК. Однако с развитием научного прогресса появился новый класс молекулярно-генетических маркеров, так называемые ДНК-маркеры, которые позволяют выявлять изменчи-

вость в разных участках генома. Мировая практика показывает, что использование различных видов ДНК-маркеров позволяет решать многие задачи при исследовании древесных видов [16–21], в том числе проводить оценку уровня генетической изменчивости плюсовых деревьев [22, 23].

Цель работы заключается в проведении исследований по оценке уровня генетического разнообразия сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях и в насаждениях из разных районов Среднего Поволжья на основе анализа изменчивости ISSR-фрагментов ДНК.

Для реализации сформулированной цели требовалось решить следующие **задачи**:

1) изучить генетическую структуру лесосеменных плантаций первого порядка из трёх географических районов;

2) изучить генетическую структуру спелых и приспевающих насаждений сосны обыкновенной из тех же географических районов;

3) провести сравнительный анализ генетической изменчивости деревьев на лесосеменных плантациях и в природных популяциях.

Объекты и методы исследований.

Объектами исследований являлись лесосеменные плантации 1 порядка (ЛСП), спелые и приспевающие насаждения сосны обыкновенной из Республики Марий Эл, Чувашской Республики и Пензенской области. Отобрано и проанализировано около 200 деревьев сосны обыкновенной.

В качестве исходного материала для экстракции ДНК использовали хвою с клонов плюсовых деревьев на лесосеменной плантации и древесину, собранную со случайных деревьев в насаждениях. Выделение ДНК осуществлялось по методу J.J. Doyle и J.L. Doyle с применением $2 \times \text{CTAB}$ -буфера [24]. Для изучения генетической структуры ЛСП и насаждений использовали шесть ISSR-праймеров, которые характеризуются высоким полиморфизмом и отличаются отчётливыми идентифицируемыми полосами: $(\text{CA})_6\text{AGCT}$,

(CA)₆AGG, (CA)₆GT, (CA)₆AC, (AG)₈T, (AG)₈GCT.

Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в тонкостенных пробирках на амплификаторе MJ Mini™ Gradient Thermal Cycler (BIO-RAD). Для проведения ПЦР был использован набор реактивов Encyclo PCR kit («Евроген», Россия). Состав смеси для полимеразной цепной реакции: 0,1 мкл Taq полимеразы; 1 мкл ДНК-матрицы; 0,1 мкл праймера; 0,2 мкл dNTPs; 1 мкл буфера и добавляли стерильную воду 7,6 мкл. Режим полимеразной цепной реакции: 5 мин. предварительная денатурация при 94°C; 45 циклов – 0,5 мин. денатурация при 94°C, 45 сек. отжиг (60–65°C), 2 мин. элонгация при 72°C; окончательная элонгация 7 мин 72°C.

Электрофоретическое разделение продуктов ПЦР проводили в горизонтальной электрофоретической камере в 1,5 % агарозном геле, с добавлением этидия бромиды при напряжении 70 V в течение 2–2,5 часов.

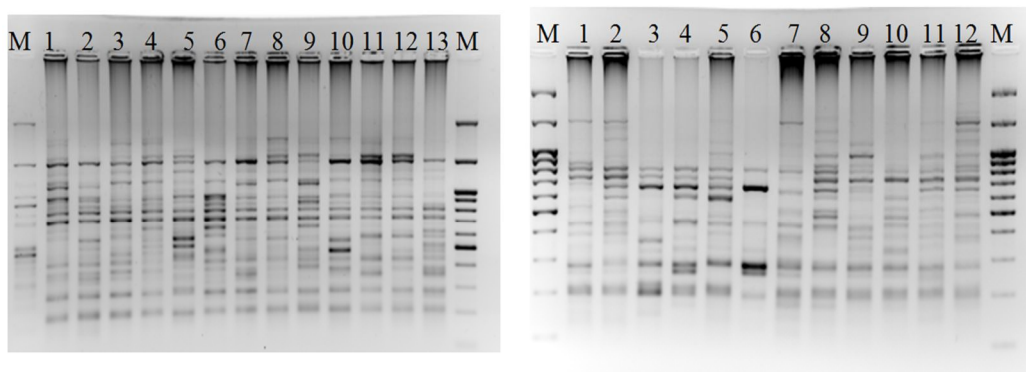
Визуализацию ДНК, обработку и анализ полученных изображений проводили с помощью системы гель-документации GelDoc 2000 (BIO-RAD) с использованием программного пакета Quantity One® Version 4.6.3. Наличие амплифицированных фрагментов ДНК в гелях устанавливали по интенсивности окраски, оценивали только чёткие и воспроизводимые полосы. Для определения длины фрагментов ДНК использовали маркер молекулярной массы 100 bp +1,5 + 3,000 kb, производство СибЭнзим (Россия). Для количественной оценки степени полиморфизма и определения уровня дивергенции между изучаемыми объектами полученные данные были представлены в виде матрицы бинарных признаков, в которой наличие или отсутствие полос на геле рассматривались соответственно, как состояние 1 или 0. Для создания матрицы использовали программу BioImage Geles PCR Analysis v.1.0. Определение уровня изменчивости и дифференциации произво-

дится путём вычисления генетических параметров, характеризующих исследуемую совокупность. Для расчёта генетических параметров использовали специализированную программу POPGENE Version 1.32., позволяющую выполнять расчёт следующих генетических параметров: долю полиморфных локусов, наблюдаемое число аллелей (n_a), эффективного числа аллелей (n_e), генетическое разнообразие по Нею (H), информационного индекса Шеннона (I) [25–28].

Результаты и обсуждение. Для обеспечения высокого уровня генетического разнообразия используемых для лесовосстановления семян важно, чтобы на лесосеменных плантациях был достаточно высокий запас генетической изменчивости. Оценка уровня генетической изменчивости ЛСП проводится в сравнении с приспевающими и спелыми сосновыми насаждениями, сформированными в тех же географических районах и которые могут рассматриваться как альтернативный источник семян для лесовосстановления.

По результатам ISSR-анализа ДНК, выделенной из хвои клонов плюсовых деревьев с ЛСП и древесины насаждений, было установлено, что шесть ISSR-праймеров выявляют всего 215 амплифицированных фрагментов ДНК, при этом число обнаруженных при электрофорезе фрагментов ДНК у разных праймеров варьирует от 27 (у (AG)₈T) до 40 (у (CA)₆AGG и (AG)₈GCT). Размеры ампликонов варьировали от 200 до 2500 пар нуклеотидов. Пример электрофоретического разделения продуктов амплификации с использованием праймера (CA)₆AC приведен на рис. 1.

После обработки полученных электрофореграмм были рассчитаны частоты встречаемости аллелей обнаруженных локусов. Полученные частоты ISSR-фрагментов использовались для оценки основных параметров генетической изменчивости клонов плюсовых деревьев и насаждений сосны обыкновенной.



А

Б

Рис. 1. Электрофореграмма продуктов ISSR-PCR анализа ДНК сосны обыкновенной с праймером (СА)6AC: 1-13 – номера образцов ДНК, М – маркер молекулярных размеров (СибЭнзим, 100 bp + 3,0 kb): А – электрофореграммы продуктов ПЦР клонов плюсовых деревьев с ЛСП, Б – электрофореграммы продуктов ПЦР сосновых насаждений

Результаты исследований показали, что доля полиморфных локусов у всех изученных деревьев сосны обыкновенной составила 97,2 %, при этом у ЛСП данный показатель варьировал от 81,4 до 91,2 %, а у насаждений – от 77,2 до 88,8 % (табл. 1). Доля полиморфных локусов отдельно для всех лесосеменных плантаций и насаждений имела близкое к видовому уровню значение, так, для всех ЛСП данный показатель равнялся

96,7 и для всех насаждений 95,8 %.

Изученные лесосеменные плантации и насаждения не существенно отличаются по наблюдаемому и эффективному числу аллелей. Для лесосеменных плантаций наблюдаемое число аллелей варьирует от 1,814 до 1,912, в то время как в насаждениях от 1,772 до 1,888. Размах значений эффективного числа аллелей составил для лесосеменных плантаций 1,340 – 1,455, а для насаждений – 1,332 – 1,382.

Таблица 1

Основные показатели генетической изменчивости ЛСП и насаждений сосны обыкновенной из разных географических районов

Район и объект	Параметры генетической изменчивости				
	доля полиморфных локусов, Р, %	наблюдаемое число аллелей, Na	эффективное число аллелей, Ne	генетическое разнообразие по Нею, H	индекс Шеннона, I
Республика Марий Эл (РМЭ)					
ЛСП	83,3	1,833	1,340	0,212	0,334
насаждение	77,2	1,772	1,332	0,207	0,325
Чувашская Республика (ЧР)					
ЛСП	91,2	1,912	1,455	0,278	0,426
насаждение	88,8	1,888	1,362	0,230	0,364
Пензенская область (ПО)					
ЛСП	81,4	1,814	1,376	0,231	0,358
насаждение	86,1	1,861	1,382	0,238	0,372
В целом для ЛСП	96,7	1,967	1,427	0,266	0,416
В целом для насаждений	95,8	1,958	1,398	0,254	0,401
В целом для вида	97,2	1,972	1,426	0,266	0,417

Наивысшее значение генетического разнообразия по Нею и информационного индекса Шеннона характерно для лесосеменной плантации в Чувашской Республике (0,278 и 0,426 соответственно), для сосновых насаждений этой же республики эти показатели оказались значительно ниже и составили 0,230 и 0,364 соответственно. В двух других регионах у лесосеменных плантаций и насаждений данные показатели оказались близкими. Так, в Республике Марий Эл генетическое разнообразие по Нею составило 0,212 и 0,207, а индекс Шеннона – 0,334 и 0,325 соответственно на ЛСП и в насаждениях. В Пензенской области генетическое разнообразие по Нею составило 0,231 и 0,238, а индекс Шеннона – 0,358 и 0,372 соответственно на ЛСП и в насаждениях.

В целом для всех ЛСП общее генетическое разнообразие и индекс Шеннона составили 0,266 и 0,416 соответственно, что является достаточно высоким показателем. Обобщённые показатели для насаждений составили 0,254 и 0,401, что несколько ниже данных показателей для ЛСП. Необходимо отметить, что обобщённые показатели для лесосеменных плантаций и насаждений оказались достаточно близкими к показателям, установленным для всех изученных образцов, которые составили 0,266 и 0,417.

Таким образом, сравнительный анализ значений основных параметров, ха-

рактеризующих уровень генетической изменчивости вычисленных на основе анализа ISSR-фрагментов ДНК, показал, что генетическое разнообразие лесосеменных плантаций не только не уступает, но и в двух из трёх случаях (в Республике Марий и Чувашской Республике) превосходит уровень, установленный для насаждений из тех же географических регионов. Так же в целом изменчивость отобранных плюсовых деревьев, использованных при создании лесосеменных плантаций, сопоставима с уровнем изменчивости, выявленной у вида в районе проведения эксперимента. Это может свидетельствовать о том, что использование семян с лесосеменных плантаций для лесовосстановления позволит обеспечить сохранение и воспроизводство генетического разнообразия сосны обыкновенной.

На основе шести ISSR-праймеров так же была проанализирована генетическая дистанция между изученными объектами. Данный показатель варьирует от 0,011 до 0,079, при этом наиболее генетически близкими являются ЛСП и насаждения из Пензенской области, а наиболее генетически дифференцированными – насаждения из Республики Марий Эл и объекты из Пензенской области (табл. 2).

Дифференциацию популяций и генетическое взаимоотношение иллюстрирует дендрограмма, построенная на основе рассчитанной генетической дистанции (рис. 2).

Таблица 2

Генетическая дистанция Нея (под диагональю) и генетическая идентичность (над диагональю) лесосеменных плантаций и насаждений из разных регионов Среднего Поволжья

Регион и объект		ПО		РМЭ		ЧР	
		ЛСП	насаждение	ЛСП	насаждение	ЛСП	насаждение
ПО	ЛСП		0,989	0,949	0,925	0,943	0,946
	насаждение	0,011		0,945	0,924	0,943	0,947
РМЭ	ЛСП	0,052	0,056		0,937	0,959	0,949
	насаждение	0,079	0,079	0,065		0,939	0,956
ЧР	ЛСП	0,059	0,059	0,042	0,063		0,963
	насаждение	0,054	0,054	0,052	0,046	0,038	

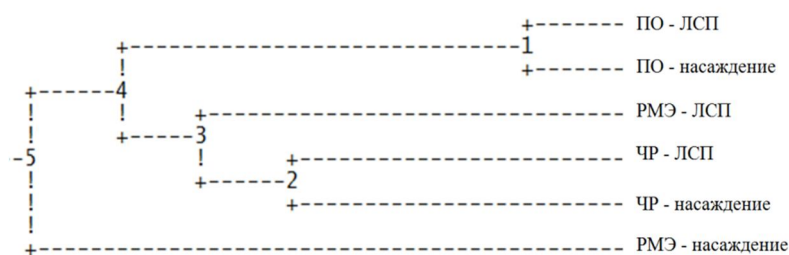


Рис. 2. Дендрограмма генетических взаимоотношений лесосеменных плантаций и насаждений из разных районов Среднего Поволжья

На дендрограмме чётко видно, что насаждение из Республики Марий Эл генетически дифференцировано от других изученных объектов и именно у данного насаждения было выявлено самое низкое генетическое разнообразие.

Расчётный показатель доли межпопуляционного разнообразия (G_{st}) составил 0,127. Это свидетельствует о том, что на долю межпопуляционной изменчивости приходится всего 12,7 % от всей генетической изменчивости и около 87,3 % приходится на изменчивость деревьев в пределах изученных объектов. Этот показатель отражает «баланс» процессов, вызывающих дифференциацию и интеграцию генофондов из разных популяций. Как правило, значения G_{st} выше у удалённых друг от друга популяций и для популяций видов с высокой частотой самоопыления. Для сосны обыкновенной вполне ожидаемо, что степень генетической подразделённости изученных объектов будет незначительная, так как этот вид ветроопыляемый, и пыльца благодаря наличию воздушных мешков может распространяться на значительные расстояния. О наличии прямого обмена генами также свидетельствует величина генного потока (N_m), которая составила 3,45 мигранта на поколение.

Полученные данные о низкой генетической дифференциации смежных популяций сосны обыкновенной согласуются с результатами других исследований, в которых была показана низкая внутривидовая дифференциация близко расположен-

ных популяций сосны [15, 29, 30]. Достаточно большие генетические различия у популяций сосны обыкновенной наблюдаются только на больших расстояниях или в контрастных условиях, как, например, горные и пустынные популяции [18].

Сравнение генетических параметров лесосеменных плантаций и насаждений из Республики Марий Эл, Чувашской Республики и Пензенской области позволяет сделать следующие **выводы**:

1) установлено, что уровень генетического разнообразия у лесосеменных плантаций в Пензенской области, Республике Марий Эл и Чувашской Республике, оцениваемый на основе анализа ISSR-фрагментов ДНК, не уступает уровню генетического разнообразия, выявленному в насаждениях из данных регионов. Так, доля полиморфных локусов на ЛСП изменялась от 81,4 до 91,2 %, а у насаждений – от 77,2 до 88,8 %; число наблюдаемых аллелей – от 1,814 до 1,912 и от 1,772 до 1,888 соответственно на ЛСП и в насаждениях; эффективное число аллелей от 1,340 до 1,455 и от 1,332 до 1,382 соответственно на ЛСП и в насаждениях; генетическое разнообразие по Нею – от 0,212 до 0,278 и от 0,207 до 0,238 соответственно на ЛСП и в насаждениях; индекс Шеннона – от 0,334 до 0,426 и от 0,325 до 0,372 соответственно на ЛСП и в насаждениях;

2) в целом для всех объектов получены следующие параметры генетической изменчивости: полиморфизм – 97,2 %, число наблюдаемых аллелей – 1,972, чис-

ло эффективных аллелей – 1,426, генетическое разнообразие по Нею – 0,266 и индекс Шеннона 0,417. Ни для одного ЛСП или насаждения не были установлены значения генетических параметров, характерные для вида в районе проведения эксперимента. Только при включении в одну выборку всех ЛСП рассчитанные показатели генетической изменчивости стали сравнимыми с общевидовым уровнем ($P=96,7\%$; $N_a=1,967$; $N_e=1,427$; $H=0,266$; $I=0,416$);

3) показатель доли межпопуляционного разнообразия ($G_{st}=0,127$) и величина генного потока ($N_m=3,45$) свидетель-

ствуют о незначительной изолированности сосны обыкновенной в изученных регионах Среднего Поволжья, что вполне ожидаемо в связи с особенностями системы размножения вида (ветроопыляемый вид, у которого пыльца легко распространяется на дальние расстояния). В то же время было установлено, что насаждение из Республики Марий несколько дифференцировано от других изученных, что, вероятно, объясняется тем, что именно для этого насаждения были определены самые низкие значения параметров генетической изменчивости ($P=77,2\%$; $N_a=1,772$; $N_e=1,332$; $H=0,207$; $I=0,325$).

Работа выполнена в рамках Государственного задания высшим учебным заведениям на 2014 год «Изучение внутривидового полиморфизма сосны обыкновенной с использованием ISSR-маркеров».

Список литературы

1. Конвенция о биологическом разнообразии. Электронный ресурс. Рио-де-Жанейро, 1992. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml. (дата обращения: 25.05.2013).
2. Алтухов, Ю.П. Динамика генофондов при антропогенных воздействиях / Ю.П. Алтухов // Вестник ВОГиС. – 2004. – Вып. 8, № 2. – С. 40-59.
3. Harju, A. Genetic functioning of Scots pine seed orchards / A. Harju. – Acta Universitatis Ouluensis. – Finland: University of Oulu, 1995. – 271 p.
4. Stoehr, M.U. Levels of genetic diversity at different stages of the domestication cycle of interior spruce in British Columbia / M.U. Stoehr and Y.A. El-Kassaby // Theoretical and Applied Genetics. – 1997. – Vol. 94, Iss. 1. – P. 83-90.
5. El-Kassaby, Y.A. Genetic diversity of forest tree plantations: consequences of domestication / Y.A. El-Kassaby and G. Namkoong // Consequences of changes in biodiversity. IUFRO World Congress, Tampere, Finland. – 1995. – Vol. 2. – P.218-228.
6. Knowles, P. Comparison of isozyme variation among natural stands and plantations: jack pine and black spruce / P. Knowles // Canadian Journal of Forest Research. – 1985. – 1 Vol. 5. – P. 902-908.
7. Cheliak, W.M. Genetic effects of phenotypic selection in white spruce / Cheliak W.M., G. Murray and J.A. Pitel // Forest Ecology and Management. – 1988. – Vol. 24, Iss. 2. – P. 139-149.
8. Bergman, F. Isozyme genetic variation and heterozygosity in random tree samples and selected orchard clones from the same Norway spruce populations / F. Bergman and W. Ruetz // Forest Ecology and Management. – 1991. – Vol. 46, Iss. 1-2. – P. 39-47.
9. Chaisurisri, K. Genetic diversity in a seed production population and natural population of Sitka spruce / K. Chaisurisri and Y.A. El-Kassaby // Biodiversity & Conservation. – 1994. – Vol. 3, Iss. 6. – P. 512-523.
10. Williams, C.G. Multiple-population versus hierarchical conifer breeding programs: a comparison of genetic diversity levels. / C.G. Williams, J.L. Hamrick and P.O. Lewis // Theoretical and Applied Genetics. – 1995. – Vol. 90, Iss. 3-4. – P. 584-594.
11. Adams, W. T. Population genetics and gene conservation in pacific northwest conifers / W. T. Adams // Evolution Today. Proceedings of the Second International Congress of Systematic and Evolutionary Biology. – Hunt Institute for Botanical Documentation: Carnegie-Mellon University, 1981. – P. 401-415.
12. Siregar, I.Z. Patterns of genetic structure and variation of Merkus pine (*Pinus merkusii*) in Indonesia / I.Z. Siregar, H.H. Hattermer // Journal of Tropical Forest Science. – 2004. – Vol. 16. – P. 160-172.
13. Savolainen, O. Effect of forest management on gene pools. / O. Savolainen and K. Kärkkäinen // New Forests. – 1992. – Vol. 6, Iss. 1-4. – P. 326-345.
14. Гончаренко, В.Е. Руководство по исследованию хвойных видов методом электрофоретического анализа изоферментов / Г.Г. Гончаренко, В.Е. Падутов, В.В. Потенко. – Гомель: Белорусский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, 1989. – 163 с.

15. *Шигапов, З.Х.* Внутривидовая изменчивость и дифференциация видов семейства Pinaceae на Урале: автореф. дисс. д-ра биол. наук: 03.00.05 / Зинур Хайдарович Шигапов. – Пермь, 2005. – 42 с.
16. *Alden, J.* Genetic diversity and population structure of *Picea glauca* on an altitudinal gradient in interior Alaska / J. Alden, C. Loopstra // *Canadian Journal of Forest Research*. – 1987. – Vol. 17. – P. 1519–1526.
17. *Rajora, O.P.* Genetic diversity and population structure of disjunct Newfoundland and central Ontario populations of eastern white pine (*Pinus strobus*) / O.P. Rajora, L. DeVerno, A. Mosseler, DJ Am. Innes // *Canadian Journal of Botany*. – 1998. – Vol. 76. – P. 500–508.
18. *Hui-yu, Li* Genetic variation and division of *Pinus sylvestris* provenances by ISSR markers / Li Hui-yu, Jing Jing, Liu Gui-feng, Ma Xu-jun, Dong Jing-xiang, Lin Shi-jie // *Journal of Forest Research*. – 2005. – Vol. 16, No 3. – P. 216–218.
19. *Ranger, M.* Genetic Differentiation of Jack Pine (*Pinus banksiana*) and Red Pine (*P. resinosa*) Populations From Metal Contaminated Areas in Northern Ontario (Canada) Using ISSR Markers / M. Ranger, K. K. Nkongolo, P. Michael, P. Beckett // *Silvae Genetica*. – 2008. – Vol. 57, No 6. – P. 333 – 340.
20. *Varsha, A.P.* Inter population genetic diversity analysis using ISSR markers in *Pinus roxburghii* (Sarg.) from Indian provenances / A. Parasharami Varsha, R. Thengane Shubhada // *International Journal of Biodiversity and Conservation*. – 2012. – Vol. 4, No 5. – P. 219–227.
21. *Rubio-Moraga A.* Genetic Diversity of *Pinus nigra* Arn. Populations in Southern Spain and Northern Morocco Revealed By Inter-Simple Sequence Repeat Profiles / A. Rubio-Moraga, D. Candel-Perez, M.E. Lucas-Borja, P.A. Tiscar, B. Viñegla, J.C. Linares, L. Gómez-Gómez, O. Ahrazem // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2012. – Vol. 13, No 5. – P. 5645–58.
22. *Шейкина, О. В.* Исследования генетической изменчивости плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* ISSR-маркерами / О.В. Шейкина, П.С. Новиков, Т.Н. Милютин // VI Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития»: материалы VI Московского международного конгресса, часть 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). – М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011 – С. 292.
23. *Новиков, П.С.* Изменчивость плюсовых деревьев сосны обыкновенной на архиве клонов по ISSR-маркерам / П.С. Новиков, О.В. Шейкина, Т.Н. Милютин // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 82–87.
24. *Doyle, J.J.* A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue / J.J. Doyle, J.L. Doyle // *Phytochemical Bulletin*. – 1991. – Vol. 19. – P. 11–15.
25. *Yeh, F.C.* POPGENE Version 1.32: Microsoft Windows – based freeware for genetic analysis, quick user guide / F.C. Yeh, R. Yang, T. Boyle. – Edmonton: University of Alberta Center for International Forestry Research, 1997. – 28 p
26. *Kimura, M.* The number of alleles that can be maintained in a finite population / M. Kimura, J.F. Crow // *Genetics (US)*. – 1964. – Vol. 49. – P. 725–738.
27. *Nei, M.* Genetic distance between populations / M. Nei // *The American Naturalist*. – 1972. – Vol. 106. – P. 283 – 292.
28. *Schannon, C.E.* The mathematical theory of communication Urbana / C.E. Schannon, W. Weaver // Univ. of Illinois Press. – 1949. – 284 p.
29. *Li Bin.* Review on genetic diversity in *Pinus* (J) / Li Bin, Gu Wanchun // *Hereditas*. – 2003. – Vol. 25, No 6. – P. 740–748.
30. *Абдуллина, Д. С.* Феногенеогеографический анализ структуры и дифференциации популяций сосны обыкновенной в Якутии: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2009. – 48 с.

Статья поступила в редакцию 10.06.13.

КРИВОРОТОВА Татьяна Николаевна – ассистент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – селекция сосны обыкновенной, использование ДНК-технологий в лесном семеноводстве. Автор 20 публикаций.

E-mail: Milutina_tanja@mail.ru

ШЕЙКИНА Ольга Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3). Область научных интересов – молекулярно-генетические исследования древесных видов, использование ДНК-технологий в лесном семеноводстве, селекция древесных видов. Автор 34 публикаций.

E-mail: ShejkinaOV@volgatech.net

KRIVOROTOVA Tatiana Nikolayevna – Assistant at the Chair of Forest Selection, Noon-Woody Resources and Biotechnologies, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interest – selection of *Pinus sylvestris*, use of DNA methods in forest seed growing. The author of 20 publications.

E-mail: Milutina_tanja@mail.ru

SHEIKINA Olga Viktorovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Selection, Noon-Woody Resources and Biotechnologies, Volga State University of Technology (3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – molecular-genetic researches of forest species, use of DNA methods in forest seed growing, selection of forest species. The author of 34 publications.

E-mail: ShejkinaOV@volgtech.net

T. N. Krivorotova, O. V. Sheikina

GENETIC STRUCTURE OF SEED ORCHARDS AND NATURAL STANDS OF *PINUS SYLVESTRIS* IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Key words: *Pinus sylvestris*; seed orchards; stands; genetic structure; ISSR markers.

ABSTRACT

Genetic diversity is one of the factors providing sustainable development of forest ecosystems. Therefore, reproduction of genetic variation in the course of breeding programs implementation and artificial reforestation is an important problem. The goal of this research is to study and compare genetic structure of seed orchards, created to supply seeds for artificial reforestation, and the natural stands serving as an alternative source of seed. The seed orchards and the stands originating from the Republic of Mari El, Chuvash Republic and Penza oblast were studied in this research. Estimation of the level of genetic variation and differentiation was carried out with the use of ISSR – DNA fragments. Six ISSR primers for performance of polymerase chain reaction (PCR) were used, it made it possible to amplify 215 DNA fragments. The results show that the level of genetic diversity in seed orchards compares well with the level of genetic diversity detected in natural stand from the same regions. For example, a share of polymorphic loci in the seed orchards varied from 81.4 to 91.2 %, at that time in the stands it was from 77.2 to 88.8 %. According to Nei, genetic diversity was from 0.12 to 0.278 in the seed orchards and from 0.207 to 0.238 in the stands. Measure of diversity part between populations ($G_{ST}=0.127$) and size of gene flow ($N_m=3.45$) indicate low isolation of *Pinus sylvestris* in the studied regions of Middle Volga Region which is quite normal for propagation of this species.

References

1. Konventsiya o biologicheskom raznoobrazii. [Convention about Bio-Diversity]. Rio de Janeiro, 1992. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml (Reference date: 23.05.2013).
2. Altukhov Yu.P. Dinamika genofondov pri antropogennykh vozdeystviyakh [Dynamics of Genofonds in Case of Anthropogenic Impact]. *Vestnik VOGiS [Vestnik of VOGiS]*. 2004. Issue.8. No 2. P. 40-59.
3. Harju A. Genetic Functioning of Scots Pine Seed Orchards. Ph.D. thesis. Acta Universitatis Ouluensis. Finland: University of Oulu, 1995. 271 p.
4. Stoehr M.U., El-Kassaby Y.A. Levels of Genetic Diversity at Different Stages of Domestication Cycle of Interior Spruce in British Columbia. *Theoretical and Applied Genetics*. 1997. Vol. 94. P. 83-90.
5. El-Kassaby Y.A., Namkoong G. Genetic Diversity of Forest Tree Plantations: Consequences of Domestication. Consequences of Changes in Biodiversity. IUFRO World Congress, Tampere, Finland. 1995. Vol. 2. P. 218-228.
6. Knowles P. Comparison of Isozyme Variation Among Natural Stands and Plantations: Jack Pine and Black Spruce. *Canadian Journal of Forest Research*. 1985. Vol. 15. P. 902-908.
7. Cheliak W.M., Murray G., Pitel, J.A. Genetic Effects of Phenotypic Selection in White Spruce. *Forest Ecology and Management*. 1988. Vol. 24. P. 139-149.
8. Bergman F., Ruetz W. Isozyme Genetic Variation and Heterozygosity in Random Tree Samples and Selected Orchard Clones from the Same Norway Spruce Populations. *Forest Ecology and Management*. 1991. Vol. 46, Iss. 1-2. P. 39-47.
9. Chaisurisri K., El-Kassaby Y.A. Genetic Diversity in Seed Production Population and Natural Population of Sitka Spruce. *Biodiversity & Conservation*. 1994. Vol. 3, Iss 6. – P. 512-523.

10. Williams C.G., Hamrick J.L., Lewis P.O. Multiple-Population Versus Hierarchical Conifer Breeding Programs: a Comparison of Genetic Diversity Levels. *Theoretical and Applied Genetics*. 1995. Vol. 90, No 3-4. P. 584-594.
11. Adams, W. T. Population Genetics and Gene Conservation in Pacific Northwest Conifers. *Evolution Today, Proceedings of the Second International Congress of Systematic and Evolutionary Biology*. 1981. P. 401-415.
12. Siregar I.Z., Hattermer H.H. Patterns of Genetic Structure and Variation of Merkus Pine (*Pinus merkusii*) in Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*. 2004. Vol. 16. P. 160-172.
13. Savolainen O., Kärkkäinen K. Effect of Forest Management on Gene Pools. *New Forests*. 1992. Vol. 6. Iss. 1-4. P. 326-345.
14. Goncharenko G.G., Padutov V.E., Potenko V.V. Rukovodstvo po issledovaniyu khvoynykh vidov metodom elektroforeticheskogo analiza izofermentov [Instruction on Needle Species Research by the Method of Isozyme Analysis]. Gomel: Belorusskiy nauchno-issledovatel'skiy institut lesnogo khozyaystva [Belarusian Research Institute of Forestry]. 1989. 163 p.
15. Shigapov, Z.Kh. Vnutrividovaya izmenchivost i differentsiatsiya vidov semeystva Pinaceae na Urale Avtoref. Diss. dokt. biol. nauk [Interspecies Variation and Differentiation of Pinacea Species on the Ural. Dr. biol. sci. diss: 03.00.05.]. Perm, 2005. 42 p.
16. Alden J., Loopstra C. Genetic Diversity and Population Structure of *Picea glauca* on an Altitudinal Gradient in Interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*. 1987. Vol. 17. P. 1519-1526.
17. Rajora O.P., DeVerno L., Mosseler A., Innes DJ Am. Genetic Diversity and Population Structure of Disjunct Newfoundland and Central Ontario Populations of Eastern White Pine (*Pinus strobus*). *Canadian Journal of Botany*. 1998. Vol. 76. P. 500-508.
18. Li Hui-yu, Jing Jing, Liu Gui-frng, Ma Xu-jun, Dong Jing-xiang, Lin Shi-jie. Genetic Variation and Division of *Pinus sylvestris* Provenances by ISSR Markers. *Journal of Forest Research*. 2005. Vol.16, No 3. P. 216-218.
19. Ranger M., Nkongolo K. K., Michael P., Beckett P. Genetic Differentiation of Jack Pine (*Pinus banksiana*) and Red Pine (*P. resinosa*) Populations From Metal Contaminated Areas in Northern Ontario (Canada) Using ISSR Markers. *Silvae Genetica*. 2008. Vol. 57, No 6. P. 333 – 340.
20. Varsha A.P., Shubhada R. T. Inter Population Genetic Diversity Analysis Using ISSR Markers in *Pinus roxburghii* (Sarg.) from Indian Provenances. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 2012. Vol. 4, No 5. P. 219-227.
21. Rubio-Moraga A., Candel-Perez D., Lucas-Borja M.E., Tiscar P.A., Viñegla B., Linares J.C., Gómez-Gómez L., Ahrazem O. Genetic Diversity of *Pinus nigra* Arn. Populations in Southern Spain and Northern Morocco Revealed By Inter-Simple Sequence Repeat Profiles. *International Journal of Molecular Sciences*. 2012. Vol. 13, No5. P. 5645-58.
22. Sheikina O.V., Novikov P.S., Milyutina T.N. Issledovaniya Geneticheskoy izmenchivosti plyusovykh derevev *Pinus sylvestris* ISSR-markeraми [Genetic Variation Study of *Pinus sylvestris* Plus Trees by ISSR Markers.]. VI moskovskiy mezhdunarodnyy kongress «Biotehnologiya: sostoyaniye i perspektivy razvitiya»: materialy VI Moskovskogo mezhdunarodnogo kongressa, chast 1 (Moskva, 21-25 marta, 2011 g.) [VI Moscow International Congress «Biotechnology: State and Developing Perspective»: Materials of VI Moscow International Congress, Part 1 (Moscow, March, 21-25 2011)]. Moscow: ZAO «Ekspo-biokhim-tehnologii», RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2011. P. 292.
23. Novikov P.S., Sheikina O.V., Milyutina T.N. Izmenchivost plyusovykh derevev sosny obyknovennoy na arkhive klonov po ISSR markeram [Variation of *Pinus sylvestris* Plus Trees on the Clone Archive by ISSR Markers]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]*. 2011. No 3. P. 82-87.
24. Doyle J.J., Doyle J.L. A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue. *Phytochemical Bulletin*. 1991. Vol. 19. P. 11-15.
25. Yeh F.C., Yang R., Boyle T. POPGENE Version 1.32. Ag/For Molecular Biology and Biotechnology Centre. Edmonton: University of Alberta Center for International Forestry Research, 1997. 27 p.
26. Kimura M., Crow J.F. The Number of Alleles That Can Be Maintained in a Finite Population. *Genetics (US)*. 1964. Vol. 49. P. 725-738.
27. Nei, M. Genetic Distance Between Populations. *The American Naturalist*. 1972. Vol. 106. P. 283 - 292.
28. Shannon C.E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication Urbana . Univ. of Illinois Press. 1949. 284 p.
29. Li Bin, Gu Wanchun Review on Genetic Diversity in *Pinus* (J). *Hereditas*. 2003. Vol. 25, No 6. P. 740-748.
30. Abdullina D. S. Fenogenogeograficheskiy analiz struktury i differentsiatsii populyatsiy sosny obyknovennoy v Yakutii. Avtoref. Diss. dokt. biol. nauk [Phenogenetic and Geography Analysis of Structure and Differential Population of *Pinus sylvestris* in Yakutia. Autoref. Dr. tech. sci. diss.]. Ekaterinburg, 2009. 48 p.

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

УДК 630.9

И. П. Курненко, В. Л. Черных**ПАМЯТИ ВЫДАЮЩЕГОСЯ УЧЁНОГО ЛЕСНОЙ НАУКИ
ПАВЛА МАКСИМОВИЧА ВЕРХУНОВА
(26 мая 1929 – 21 марта 2008)**

Значительный вклад П.М. Верхунов внёс в теорию прироста разновозрастных сосняков, организацию хозяйства и промышленного лесопользования в лесах различного целевого назначения. В работах учёного отражены задачи инвентаризации лесов и лесоустроительного проектирования, рационального использования сырьевых ресурсов леса. Работал над проблемами совершенствования и разработки нормативов лесопользования в лесоустройстве.

При его непосредственном участии разработаны и внедрены в практику лесного хозяйства многие директивные и региональные нормативы лесопользования и лесоустройства. Значительная часть работ П.М. Верхунова является актуальной и в настоящее время.

Ключевые слова: учёный; таксатор; инвентаризация лесов; лесоустроительное проектирование; закономерности продуцирования лесных насаждений; рациональное использование лесов; нормативы лесопользования.

26 мая 2014 года исполняется 85 лет профессору, доктору сельскохозяйственных наук, выдающемуся учёному, педагогу, таксатору, видному общественному деятелю Павлу Максимовичу Верхунову.

Павел Максимович родился 26 мая 1929 года в дер. Старые Урмары Урмарского района ныне Чувашской Республики в крестьянской семье. Будучи школьником, в годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.) работал помощником комбайнера в Урмарской МТС. В 1946 году после окончания средней школы поступил на лесохозяйственный факультет Поволжского лесотехнического института (ПЛТИ).



© Курненко И. П., Черных В. А., 2014.

Ссылка на статью: Курненко И. П., Черных В. А. Памяти выдающегося учёного лесной науки Павла Максимовича Верхунова (26 мая 1929 – 21 марта 2008) // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 87-95.

Ещё в студенческие годы его увлекла таксация леса, и он принимал активное участие в научно-исследовательской работе под руководством видного учёного в этой области – профессора М.Л. Дворецкого. Окончив с отличием ПЛТИ, молодой инженер уехал набираться практического опыта в Башкирскую экспедицию «Леспроект», где проработал инженером-таксатором с 1951 по 1953 годы. Но научная стезя позвала к себе, и П.М. Верхунов в 1956 году окончил аспирантуру при ПЛТИ. Его всегда интересовали вопросы зонального ведения лесного хозяйства, и как результат – появление первых публикаций, связанных с сортиментацией липняков Юго-Западного Урала, которые дали интересный материал для будущей кандидатской диссертации [1, 2].

В 1957 году судьба подарила ему уникальный шанс работы в Сибири – и он вместе с молодой женой уехал в Красноярск, где до 1963 года работал в Сибирском научно-исследовательском институте лесного хозяйства и эксплуатации, вначале в должности старшего научного сотрудника, затем – начальника лаборатории лесосырьевых ресурсов. В 1959 году в Московском лесотехническом институте им успешно защищена кандидатская диссертация по товарности липняков Юго-Западного Урала [3]. В 1964–1975 гг. работал старшим научным сотрудником лаборатории возобновления и развития леса в Институте леса и древесины СО АН СССР.

Сибирский, насыщенный научными экспедициями и размышлениями, период характеризовался решением проблем повышения рентабельности лесозаготовительных предприятий и комплексного использования древесины [4–8], анализом сырьевых ресурсов Сибири по добыче живицы [9], изучением лесов и лесопользования бассейна оз. Байкал [10–13].

Многочисленные полевые исследования во время экспедиций по Красноярскому Приангарью дали обширный материал об особенностях таксации лесосеч-

ного фонда, распределению эксплуатационных запасов насаждений и сортиментной структуре эксплуатационных древостоев, который вошёл в Справочное пособие по таксации и устройству лесов Сибири [14, 15].

Особое внимание уделял П.М. Верхунов классификации деревьев по развитию и росту, утверждая, что она имеет большое значение в определении сортиментного состава запаса разновозрастных сосновых древостоев [16]. Интересовал его и метод дендрохронологии, с помощью которого можно выявить в таких же древостоях процесс дифференциации и отпада стволов [17].

Им создана стройная теория прироста разновозрастных сосновых лесов [18], которая изложена в защищённой в 1975 году докторской диссертации [19]. Через пять лет тема разновозрастных сосняков в разрезе товарной структуры была раскрыта в отдельном крупном издании [20].

В декабре 1975 года учёный вместе с семьёй приезжает в Йошкар-Олу и возвращается в родной альма-матер профессором кафедры лесной таксации и лесоустройства, которую возглавлял в 1977 – 1988 гг.

Этот период в развитии кафедры характеризовался широким внедрением в учебный процесс информатики и вычислительной техники, открытием филиала кафедры при Поволжском лесостроительном предприятии с подготовкой специалистов по ЦИПС (целевая интенсивная подготовка студентов), руководством и выполнением важнейших государственных научно-технических программ по научным основам лесного хозяйства России, разработкой и публикацией полного комплекса учебно-методической литературы по дисциплине «Таксация леса», а в последующие годы «Лесоустройство». Под его руководством кафедра занимала призовые места среди кафедр института.

Вопросы состояния лесных ресурсов и лесопользования в Марийской АССР

тоже не остались без внимания учёного с широким кругозором [21–23]. П.М. Верхунов являлся крупным специалистом в области теории и практики организации хозяйства и промышленного лесопользования в лесах различного целевого назначения [24–27], не оставались без внимания и экологические аспекты [28].

Его научная деятельность была связана с исследованиями общих закономерностей продуцирования лесных насаждений в естественных условиях и при антропогенных воздействиях на них в районах Сибири, Урала, Среднего Поволжья.

Как истинный сын чувашского народа, П.М. Верхунов большое внимание уделял проблемам лесопользования в Чувашской Республике [29, 30]. Как итог его многолетних исследований, как память о нём, осталась книга «Дубравы Чувашии» [31].

В его научных трудах отражаются и творчески решаются многие задачи инвентаризации лесов и лесоустойчивого проектирования, рационального использования всех сырьевых ресурсов леса, имеющие значение для дифференциации системы и режима лесопользования и зонального ведения лесного хозяйства в лесах различного целевого назначения в условиях рыночной экономики. Как крупный организатор и научный руководитель творческих коллективов, успешно участвовал в руководстве и выполнении важнейших государственных научно-технических программ по научным основам лесного хозяйства.

В научных трудах П.М. Верхунова получили дальнейшее развитие вопросы теории строения и роста лесных насаждений, моделирования количественных и качественных показателей древостоев. При непосредственном его участии разработаны и внедрены в практику лесного хозяйства многие директивные региональные нормативы лесопользования и лесоустройства: «Сортиментные и товарные таблицы липы в лесном хозяйстве Юго-Западного Урала» [1, 2]; «Указания

по освидетельствованию мест рубок в Красноярском крае» [32]; «Региональные правила рубок в лесах Западной, Восточной Сибири, бассейне Байкала» [33]; «Сортиментные и товарные таблицы для лесов Горного Урала» [34, 35]; «Возрасты спелостей и рубок в водоохранных лесах Республики Марий Эл» [36]; «Сортиментные и товарные таблицы для древостоев дуба Среднего Поволжья» (1998) и др.

П. М. Верхунов внёс большой вклад в решение проблем совершенствования и разработки нормативов лесопользования в лесоустройстве. Он отмечал, что в лесоустроительных проектах должна быть рассчитана доходность лесного хозяйства от всех видов лесопользования на основе экономической их приоритетности. Для этих целей следует разработать отсутствующие до сих пор нормативы учёта недревесных ресурсов и оценки невесомых полезностей леса, нужна разработка методики и нормативов определения сертификации лесопродукции и экологического ущерба для лесного хозяйства от нарушений условий пользования лесом. Он отмечал, что необходимо возродить в стране работу большого Координационного совета по подготовке единой для страны системы общесоюзных и районированных лесоустроительных нормативов [37].

П.М. Верхунов активно выступал с научными докладами на международных, всероссийских, региональных научно-технических конференциях и конференциях МарГТУ по проблемам ведения лесного хозяйства, лесоустройства, многоцелевого лесопользования и др., которые находили отражение в решениях и резолюциях научных форумов.

Свой научный потенциал Павел Максимович, который имел широкий круг интересов, вложил в 462 опубликованные научные работы, в том числе 40 монографий и брошюр, 43 основополагающие учебные и методические пособия для вузов. Его научные работы экспонировались на тематических выставках ВДНХ, кото-

рые были награждены серебряной (1984) и бронзовой (1987) медалями выставки.

П. М. Верхунов являлся членом Проблемной комиссии РАСХН по экономике и организации лесного хозяйства и защитного лесоразведения, Координационного совета Рослесхоза по разработке лесотаксационных нормативов, научного совета РАН по аэрокосмическим методам изучения лесов, членом редколлегий межвузовского сборника научных трудов «Лесное хозяйство Поволжья».

За годы работы в нашем вузе он успешно руководил аспирантурой и докторантурой, активно участвовал в аттестации научных кадров страны: в 1990–2000 гг. решением ВАК РФ, как ведущий учёный, был утверждён председателем диссертационного совета Д 064.30.01 в МарГТУ по защите кандидатских и докторских диссертаций по лесному хозяйству (в 90-е годы это был первый диссертационный совет в вузе).

П.М. Верхунов внёс существенный вклад в дальнейшее развитие высшего лесного образования и в подготовку высококвалифицированных специалистов лесных производств России.

Как педагог, Павел Максимович был убеждён, что подготовить хорошего специалиста для отрасли можно только через привлечение обучающихся к решению конкретных задач отрасли, укреплял связи учебного процесса с производством, вовлекал студентов в выполнение хозяйственных и хозяйственных НИР. Его занятия проходили на высоком научно-методическом и мировоззренческом уровне с широким привлечением собственных исследований. Развивая самостоятельную работу студентов, П.М. Верхунов широко использовал программное обучение, ТСО и ЭВМ. При всём этом акцентировалось внимание на переходе лесного хозяйства на рыночную

экономику. Его знания остались в учебных пособиях МарГТУ по лесоустройству и таксации леса [38, 39].

Многие его ученики работают в органах лесного хозяйства и лесной промышленности, вузах и НИИ, ряд из них стали видными деятелями и крупными учёными. Коллеги, сотрудники кафедры, с глубоким уважением относились к проф. П.М. Верхунову, как к неугомонному труженику, требовательному к себе и окружающим, скромному и отзывчивому человеку.

Трудовые успехи Почётного профессора Марийского государственного технического университета Павла Максимовича Верхунова, заслуженного лесовода Российской Федерации, заслуженного деятеля науки Республики Марий Эл отмечены медалями: «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»; «Ветеран труда»; «50 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Научная, педагогическая и общественная деятельность П. М. Верхунова, академика РАЕН, члена Национальных академий Чувашской Республики, отмечена профессиональными знаками: «За сбережение и приумножение лесных богатств РСФСР», «Почётный работник высшего образования России», «Ветеран лесоустройства»; Почётными грамотами Российской академии наук, Гослесхоза СССР, Министерства лесного хозяйства РСФСР, Рослесхоза, Президиума Верховного Совета Республики Марий Эл, Всесоюзного объединения «Леспроект» и др.; его имя занесено в Книгу трудовой доблести Республики Марий Эл.

С 21 марта 2008 года Павла Максимовича нет с нами, но наследие его научных работ продолжает жить и приносить пользу людям. Светлая память о нём останется в сердцах его близких, коллег, единомышленников, учеников.

Список литературы

1. Сортиментные таблицы для липняков юго-западного Урала / ПЛТИ им. М. Горького. – Йошкар-Ола: ПЛТИ, 1956. – 10 с.
2. Товарные таблицы для липняков юго-западного Урала / ПЛТИ. – Йошкар-Ола, 1957. – 26 с.
3. *Верхунов, П.М.* Товарность липняков Юго-Западного Урала: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / П.М. Верхунов. – М.: МЛТИ, 1959. – 20 с.
4. *Верхунов, П.М.* Комплексное использование древесины в леспромпхозах Красноярского края / П.М. Верхунов // Лесная промышленность. – 1960. – № 7. – С. 25-26.
5. *Верхунов, П.М.* Современное состояние использования лесосечного фонда Сибири / П.М. Верхунов // Труды СибНИИЛХЭ. – 1960. – Вып. 3. – С. 35-49.
6. *Верхунов, П.М.* Некоторые вопросы экономики комплексного использования древесного сырья на лесопромышленных предприятиях Красноярского края / П.М. Верхунов // Материалы первой научной конференции по проблеме: «Экономические вопросы освоения новых предприятий в Сибири и на Дальнем Востоке»: тезисы докладов. – Красноярск, 1962. – С. 195-202.
7. *Верхунов, П.М.* Основные направления комплексного использования древесины в народном хозяйстве Красноярского края в 1959-1965 гг. / П.М. Верхунов // Комплексное использование древесины: материалы конференции по комплексному использованию древесины. – Петрозаводск, 1964. – С. 152-155.
8. *Верхунов, П.М.* Рациональное использование лесосечного фонда Сибири / П.М. Верхунов, С.С. Шанин. – М.-Л.: Гослесбуиздат, 1961. – 55 с.
9. *Верхунов, П.М.* Сырьевые ресурсы Сибири по добыче живицы / П.М. Верхунов // Материалы первого Сибирского зонального научно-технического совещания по проблемным вопросам подосочки леса: тезисы докл. – Красноярск, 1963. – С. 25-32.
10. *Верхунов, П.М.* Пути улучшения использования лесов бассейна оз. Байкал / П.М. Верхунов, А.Б. Жуков, Н.П. Поликарпов и др. – М.: Наука, 1972. – 7 с.
11. *Верхунов, П.М.* Возрастное строение сосновых и лиственничных лесов бассейна оз. Байкал / П.М. Верхунов // Известия вузов. Лесной журнал. – 1974. – № 5. – С. 30-34.
12. *Верхунов, П.М.* Водоохранно-защитные функции лесов и лесопользование в бассейне оз. Байкал / П.М. Верхунов // Многоцелевое лесопользование. – Каунас: КТУ, 1982. – С. 24-26.
13. *Верхунов, П.М.* Особенности строения лесов Байкальского бассейна в связи с режимом лесопользования / П.М. Верхунов. – Йошкар-Ола: МарПИ., 1982. – 19 с. – Деп. в ЦБНТИлесхоз, № 124лх-Д82.
14. *Верхунов, П.М.* Справочное пособие по таксации и устройству лесов Сибири: материалы по обмену опытом / П.М. Верхунов, Е.Л. Беззаботнов, Б.А. Богоявленский и др. – Красноярск: СибНИИЛП, 1966. – 378 с.
15. *Верхунов, П.М.* Справочное пособие по таксации лесов Сибири. Т. 1 / П.М. Верхунов, Е.Л. Беззаботнов, В.В. Голиков и др. – Красноярск: СибНИИЛП, 1974. – 216 с.
16. *Верхунов, П.М.* О значении классификации деревьев по развитию и росту в определении сортиментного состава разновозрастных сосновых древостоев // Труды СибНИИЛП. – 1971. – Вып. 20. – С. 154-177.
17. *Верхунов, П.М.* Выявление процесса дифференциации отпада стволов в разновозрастных сосновых древостоях методом дендрохронологии // Дендроклиматохронология и радиоуглерод: материалы 2-го Всесоюз. совещания по дендрохронологии и дендроклиматологии. – Каунас: КТУ, 1972. – С. 188-191.
18. *Верхунов, П.М.* Формирование древесного прироста в разновозрастных сосновых древостоях / П.М. Верхунов // Процессы лесовосстановления в Сибири. – Красноярск: СибНИИЛП, 1974. – С. 100-138.
19. *Верхунов, П.М.* Текущий прирост запаса разновозрастных сосновых древостоев Сибири: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / П.М. Верхунов. – Красноярск, 1975. – 63 с.
20. *Верхунов, П.М.* Товарная структура разновозрастных сосняков / П.М. Верхунов / АН СССР. Сибирское отделение, Институт леса и древесины им. Сукачева. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1980. – 207 с.
21. *Верхунов, П.М.* Современное состояние лесных ресурсов и основные направления лесопользования в Марийской АССР / П.М. Верхунов, М.М. Михайлов, П.М. Мазуркин // Лесопользование и охрана окружающей среды: тезисы докладов Всесоюз. научно-технического совещания – М.: МГУЛ, 1983. – С. 213-215.
22. *Верхунов, П.М.* Состояние и перспективы лесопользования в Марийской АССР / П.М. Верхунов // Рациональное использование лесного фонда Северо-Запада РСФСР и охрана окружающей среды: материалы научно-технической конференции, 22-23 янв. – Л.: ЛТА, 1985. – С. 32-35.
23. *Верхунов, П.М.* Леса и лесное хозяйство Марийской АССР / П.М. Верхунов. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1987. – 38 с. – Деп. в ЦБНТИлесхоз 14.09.87, №570-лх87.

24. *Верхунов, П.М.* Нормативы лесопользования в водоохранных лесах Чувашской Республики / П.М. Верхунов // Экологический вестник Чувашии. – 1995. – Вып. 5. – С. 100-104.
25. *Верхунов, П.М.* Ведение хозяйства в водоохранных лесах Республики Марий Эл / П.М. Верхунов, Ф.В. Аглиуллин, В.М. Грачев // Лесное хозяйство. – 1996. – № 1. – С. 29-31.
26. *Верхунов, П.М.* Современные проблемы организации хозяйства и лесопользования в лесах различного целевого назначения / П.М. Верхунов // Известия инженерно-технологической академии Чувашской Республики. – 1996. – № 1 (2). – С. 172-176.
27. *Верхунов, П.М.* Принципы определения возрастов спелостей в лесах различного целевого назначения / П.М. Верхунов // Природопользование: состояние, проблемы и пути их решения: тезисы докладов республиканской научно-практической конференции. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1997. – С. 37-38.
28. *Верхунов, П.М.* Принципы лесопользования в лесах различного целевого назначения и их отражение в экологическом образовании / П.М. Верхунов // Труды Института научно-исследовательских и общественных инициатив по экологии и охране природы. Экологическое образование и воспитание. – Чебоксары, 1996. – Вып. 2. – С. 44-46.
29. *Верхунов, П.М.* Проблемы организации лесного хозяйства и лесопользования Чувашской Республики / П.М. Верхунов // Известия Национальной академии наук и искусств Чувашской Республики: Естественные науки. – 1996. – С. 90-100.
30. *Верхунов, П.М.* Антропогенные дубравы Среднего Поволжья как особый объект лесоинвентаризационных работ / П.М. Верхунов, И.П. Куренкова, Н.Ш. Шукенбаева // Лесная наука на рубеже XXI века: сборник научных трудов / Институт леса Национальной академии наук Белоруссии. – Гомель, 1997. – Вып. 46. – С. 253-255.
31. *Верхунов, П.М.* Дубравы Чувашии / П.М. Верхунов, В.П. Глебов, Г.Н. Урмаков. – Чебоксары: Чувашия, 1998. – 199 с.
32. *Верхунов, П.М.* Указания о порядке освидетельствования заготовленной древесины и мест рубок главного пользования в лесозаготовительных предприятиях и лесхозах Красноярского края / П.М. Верхунов, М.Г. Фадеев. – Красноярск: СибНИИЛХЭ, 1961. – 32 с.
33. *Верхунов, П.М.* Правила рубок главного пользования в лесах Западной Сибири / П.М. Верхунов, Н.П. Поликарпов, Н.Ф. Петров и др. / Институт леса и древесины им. В.Н. Сукачева. – Красноярск, 1968. – 122 с.
34. *Верхунов, П.М.* Сортиментные и товарные таблицы для лесов Горного Урала / П.М. Верхунов, В.Л. Черных, А.В. Попова и др. / МарПИ. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1987. – 158 с.
35. *Верхунов, П.М.* Сортиментные и товарные таблицы для лесов Горного Урала / П.М. Верхунов, В.Л. Черных, А.В. Попова и др. / Рослесхоз, МарГТУ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1997. – 208 с.
36. *Верхунов, П.М.* Возрасты спелостей и рубок насаждений в водоохранных лесах Республики Марий Эл / П.М. Верхунов, Ф.В. Аглиуллин, В.М. Грачев. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1996. – 39 с.
37. *Верхунов, П.М.* Состояние и перспективы развития нормативной базы лесопользования / П.М. Верхунов // Материалы Всероссийского совещания лесоустроителей. – Вологда: ИЭиЛ, 1995. – С. 123-127.
38. *Верхунов, П.М.* Лесоустройство: учебное пособие / П.М. Верхунов, Н.А. Моисеев, Е.С. Мурахтанов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 444 с.
39. *Верхунов, П.М.* Таксация леса: учебное пособие / П.М. Верхунов, В.Л. Черных. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 368 с.

Статья поступила в редакцию 14.01.14.

КУРЕНКОВА Ирина Павловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – патологические отклонения в развитии фитоценозов и лесопатологическая таксация. Автор более 120 публикаций.

E-mail: KurninkovaIP@volgatech.net

ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – проблемы лесной таксации, математического моделирования, информационных и ГИС-технологий в лесном хозяйстве. Автор (соавтор) 18 монографий, лесотаксационных справочников, учебных пособий, более 250 методических разработок и статей, пяти авторских свидетельств на программное обеспечение.

E-mail: mailto:sitlx@mail.ru

KURNENKOVA Irina Pavlovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management, Volga State University of Technology (3, Pl.Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – disturbance in plant community development and forest pathology taxation. The author of more than 120 publications.

E-mail: KurninkovaIP@volgatech.net

CHERNYKH Valeriy Leonidovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forest Taxation and Forest Surveying, Volga State University of Technology (3, Pl.Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). Research interests – problems of forest taxation, mathematic simulation, IT and GIS technologies in forestry. The author (co-author) of 18 monographs, forest mensuration handbooks, study guides, more than 250 guidance papers and articles, five author's certificates for software.

E-mail: mailto:sitlx@mail.ru

I. P. Kurnenkova, V. L. Chernykh

**IN MEMORY OF OUTSTANDING SCHOLAR IN FORESTRY
PAVEL MAXIMOVICH VERKHUNOV
(26 May 1929 – 21 March 2008)**

Key words: *scientist-taxator; forestry inventory; forest management engineering; regularities of forest plantations production; sustainable exploitation; standards of forest management.*

ABSTRACT

Pavel Maximovich Verkhunov, professor, Doctor of Agricultural Sciences, outstanding scholar, teacher, taxator and prominent public figure could be 85 on the 26th of May 2014. P.M. Verkhunov greatly contributed to the theory of increment of pine forests of different age, establishment of management system and industrial forest exploitation in forests of different intended use. The problems of forestry inventory and forest management engineering, rational use of raw material resources (forests) are reflected in the papers of the scientist. Professor Verkhunov worked under the problems of improvement and development of the standards of forest use in forest surveying. Many directive regional standards of forest management and forest surveying were elaborated and implemented with his direct participation. The best part of papers of P.M. Verkhunov is still relevant for today.

References

1. Sortimentnye tablitsy dlya lipnyakov yugo-zapadnogo Urala [Single-Tree Assortment Tables for Lime-Forest of South-West Ural]. Yoshkar-Ola: PLTI imeni M. Gorkogo, 1956. 10 p.
2. Tovarnye tablitsy dlya lipnyakov yugo-zapadnogo Urala [Stand Assortment Tables for Lime-Forest of South-West Ural]. Yoshkar-Ola: PLTI imeni M. Gorkogo, 1957. 26 p.
3. *Verkhunov P.M.* Tovarnost lipnyakov Yugo-Zapadnogo Urala: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Quality of Lime-Forest in South-West Ural: Autoref. Dis. Agr.Sci]. Moscow: MFTI, 1959. 20 p.
4. *Verkhunov P.M.* Kompleksnoe ispolzovanie drevesiny v lespromhozakh Krasnoyarskogo kraya [Complex Use of Wood at the Timber Industry Enterprises of Krasnoyarsk Territory]. *Lesnaya promyshlennost* [Forest Industry]. 1960. № 7. P. 25-26.
5. *Verkhunov P. M.* Sovremennoe sostoyanie ispolzovaniya lesosechnogo fonda Sibiri [Present-Day Situation in Siberian Timber Cutting Fund Use]. *Trudy SibNILKHE* [Proceedings of Siberian Research Institute of Forestry and Forest Exploitation]. 1960. Issue 3. P. 35-49.
6. *Verkhunov P. M.* Nekotorye voprosy ekonomiki kompleksnogo ispolzovaniya drevesnogo syrya na lesopromyshlennykh predpriyatiyah Krasnoyarskogo kraya [Some Economic Problems of Complex Use of Timber Raw at the Wood Enterprises of Krasnoyarsk Territory]. Materialy pervoy nauchnoy konferentsii po probleme: «*Ekonomicheskie voprosy osvoeniya novykh predpriyatiy v Sibiri i na Dalnem Vostoke*»: tezis dokl. [Proceedings of the First Research Conference on the Topic: «Economic Problems of New Enterprises Development in Siberia and Far East: abstracts». Krasnoyarsk, 1962. P. 195-202.
7. *Verkhunov P. M.* Osnovnye napravleniya kompleksnogo ispolzovaniya drevesiny v narodnom khozyaystve Krasnoyarskogo kraya v 1959-1965 gg. [Focal Points of Complex Use of Wood in National Economy of Krasnoyarsk Territory in 1959-1965]. Kompleksnoe ispolzovanie drevesiny: materialy konferentsii po kompleksnomu ispolzovaniyu drevesiny [Complex Use of Wood: proceedings of the Conference on Complex Use of Wood]. Petrozavodsk, 1964. P. 152-155.
8. *Verkhunov P. M., Shanin S.S.* Ratsionalnoe ispolzovanie lesosechnogo fonda Sibiri [Rational Use

of Timber Cutting Fund in Siberia]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1961. 55 p.

9. Verkhunov P. M. Syrevye resursy Sibiri po dobyche zhivitsy [Siberian Raw Material Resources in Resin Extraction]. Materialy pervogo Sibirskogo zonalnogo nauchno-tekhnicheskogo soveshchaniya po problemnym voprosam podsochki lesa: tezisy dokl. [Materials of the First Siberian Regional Research and Technical Meeting on the Problems of Cupping: abstracts]. Krasnoyarsk, 1963. P. 25-32.

10. Verkhunov P. M., Zhukov A.B., Polikarpov N.P. and others. Puti uluchsheniya ispolzovaniya lesov basseyna ozera Baykal [Ways of Improvement of Use of Forests in the Lake Basin of the Baikal]. Moscow: Nauka, 1972. 7 p.

11. Verkhunov P. M. Vozrastnoe stroenie sosnovykh i listvennichnykh lesov basseyna ozera Baykal [Age Composition of Pine and Larch Forests in the Lake Basin of the Baikal]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [University News. Forest Journal]. 1974. № 5. P. 30-34.

12. Verkhunov P. M. Vodookhranno-zashchitnye funktsii lesov i lesopolzovanie v basseyne ozera Baykal [Water-Protective Functions of Forests and Forest Management in the Lake Basin of the Baikal]. *Mnogotselevoe lesopolzovanie* [Multipurpose Forest Use]. Kaunas, 1982. P. 24-26.

13. Verkhunov P.M. Osobennosti stroeniya lesov Baykalskogo basseyna v svyazi s rezhimom lesopolzovaniya [Peculiarities of Forests Composition in the Baikal Basin Taking into Account the Type of Forest Management]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1982. 19 p.

14. Verkhunov P.M., Bezzabotnov E.L., Bogoyavlenskiy B.A. and others. Spravochnoe posobie po taksatsii i ustroystvu lesov Sibiri: materialy po obmenu opytom [Reference Book on Taxation and Forests Arrangement in Siberia: experience exchange materials]. Krasnoyarsk, 1966. 378 p.

15. Verkhunov P.M., Bezzabotnov E.L., Golikov V.V. and others. Spravochnoe posobie po taksatsii lesov Sibiri T.1 [Reference Book on Siberian Forests Taxation V. 1]. Krasnoyarsk, 1974. 216 p.

16. Verkhunov P.M. O znachenii klassifikatsii derevev po razvitiu i rostu v opredelenii sortimentnogo sostava raznovozrastnykh sosnovykh drevostoev [On Significance of Trees Classification in Growth Criteria in Definition of Assortment Composition of Pine Stands of Different Age]. *Trudy SibNIILKHE* [Proceedings of Siberian Research Institute of Forestry and Forest Exploitation]. 1971. Issue 20. P. 154-177.

17. Verkhunov P.M. Vyyavlenie protsessa differentsiatsii otpada stvolov v raznovozrastnykh sosnovykh drevostoyakh metodom dendrokronologii [Revealing of Differentiation Process of Stems Drain in Pine Stands of Different Ages By Means of Dendrochronology]. *Dendroklimatekhnologiya i radiouglerod: materialy 2-go Vsesoyuznogo soveshchaniya po dendrokronologii i dendroklimatekhnologii* [Dendrocli-

matekhnologiya and Radiocarbon: proceedings of 2d All-Union Meeting on Dendrochronology and Dendroclimatology]. Kaunas, 1972. P. 188-191.

18. Verkhunov P.M. Formirovanie drevesnogo prirosta v raznovozrastnykh sosnovykh drevostoyah [Formation of Tree Increment in Pine Stands of Different Age]. *Protsessy lesovosstanovleniya v Sibiri* [Forest Restoration in Siberia]. Krasnoyarsk, 1974. P. 100-138.

19. Verkhunov P.M. Tekushchiy prirost zapasa raznovozrastnykh sosnovykh drevostoev Sibiri: avtoref. dis. doctora s.-kh. nauk [Current Increment of Pine Stands of Different Age in Siberia: Autoref.Doc.Agr.Sci.]. Krasnoyarsk, 1975. 63 p.

20. Verkhunov P.M. Tovarnaya struktura raznovozrastnykh sosnyakov [Commodity Pattern of Pine Forest of Different Age]. AN SSSR. Sibirskoe otdelenie, Institut lesa i drevesiny imeni Sukacheva. [Academy of Sciences of the USSR. Siberian Division, Institute of Forest and Timber named after Sukachev]. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie, 1980. 207 p.

21. Verkhunov P.M., Mikhailov M.M., Mazurkin P.M. Sovremennoe sostoyanie lesnykh resursov i osnovnye napravleniya lesopolzovaniya v Mariyskoy ASSR [Present-Day Condition of Forest Resources and Main Tendencies of Forest Use in Mari ASSR]. *Lesopolzovanie i okhrana okruzhayushchey sredy: tezisy dokladov Vsesoyuznogo nauchno-tekhnicheskogo soveshchaniya* [Forest Management and Environment Protection: abstracts from All-Union Research and Technical Meeting]. Moscow, 1983. P. 213-215.

22. Verkhunov P.M. Sostoyanie i perspektivy lesopolzovaniya v Mariyskoy ASSR [Condition and Perspectives of Forest Use in Mari ASSR]. *Ratsionalnoe ispolzovanie lesnogo fonda Severo-Zapada RSFSR i okhrana okruzhayushchey sredy: materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, 22-23 yanvarya, Leningrad* [Rational Management of Forest Fund in North-West of RSFSR and Protection of Environment: proceedings of Research and Technical Conference, January 22-23, Leningrad]. Leningrad, 1985. P. 32-35.

23. Verkhunov P.M. Lesa i lesnoe hozyaystvo Mariyskoy ASSR [Forests and Forestry in Mari ASSR]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1987. 38 p.

24. Verkhunov P.M. Normativy lesopolzovaniya v vodookhrannykh lesakh Chuvashskoy Respubliki [Standards of Forest Management in Water-Protective Forests of Chuvash Republic]. *Ekologicheskii vestnik Chuvashii* [Ecological Vestnik of Chuvashia]. 1995. Issue 5. P. 100-104.

25. Verkhunov P.M., Agliullin F.V., Grachev V.M. Vedenie hozyaystva v vodookhrannykh lesakh Respubliki Mariy El [Management of Water-Protective Forests in Mari El Republic]. *Lesnoe hozyaystvo* [Forestry]. 1996. № 1. P. 29-31.

26. Verkhunov P.M. Sovremennyye problemy organizatsii hozyaystva i lesopolzovaniya v lesakh razlichnogo tselevogo naznacheniya [Modern Prob-

lems of Organization of Forest Management in Forests of Different Intended Use]. *Izvestiya inzhenerno-tekhnologicheskoy akademii Chuvashskoy Respubliki*. [News of Engineering and Technological Academy of Chuvash Republic]. 1996. № 1 (2). P. 172-176.

27. Verkhunov P.M. Printsipy opredeleniya vozrastov spelostey v lesakh razlichnogo tselevogo naznacheniya [Principles of Definition of Maturity Age in Forests of Different Intended Use]. Prirodopolzovanie: sostoyanie, problemy i puti ikh resheniya: tezisy dokladov respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Nature Management: Condition, Problems and Ways of Solution: abstracts from Republican Research and Practice conference]. Yoshkar-Ola, 1997. P. 37-38.

28. Verkhunov P. M. Printsipy lesopolzovaniya v lesakh razlichnogo tselevogo naznacheniya i ikh otrazhenie v ekologicheskom obrazovanii [Principles of Forest Management in Forests of Different Intended Use Resulting in Ecological Education]. Trudy Instituta nauchno-issledovatel'skikh i obshchestvennykh initsiativ po ekologii i okhrane prirody. Ekologicheskoe obrazovanie i vospitanie [Materials of the Institute of Research and Non-Government Initiatives on Ecology and Environment Protection]. Cheboksary, 1996. Issue 2. P. 44-46.

29. Verkhunov P. M. Problemy organizatsii lesnogo hozyaystva i lesopolzovaniya Chuvashskoy Respubliki [Problems of Management of Forestry and Forests Exploitation in Chuvash Republic]. *Izvestiya Natsionalnoy akademii nauk i iskusstv Chuvashskoy Respubliki: Estestvennye nauki* [News of National Academy of Sciences and Arts of Chuvash Republic: Natural Sciences]. 1996. P. 90-100.

30. Verkhunov P. M., Kurnenkova I.P., Shukenebaeva N.Sh. Antropogennyye dubravy Srednego Povolzhya kak osoby obekty lesoinventarizatsionnykh rabot [Man-Made Oak Forests of the Middle Volga as a Special Object of Forest-Inventory Works]. Lesnaya nauka na rubezhe XXI veka: sbornik nauchnykh trudov [Forest Science at the Turn of XXI Century: collected papers]. Institut lesa Natsionalnoy akademii nauk Belorussii [Institute of Forest of National Academy of Sciences of the Belarus]. Gomel, 1997. Issue 46. P. 253-255.

31. Verkhunov P. M., Glebov V.P., Urmakov G.N. Dubravy Chuvashii [Oak Forests of Chuvash Republic]. Cheboksary: Chuvashiya, 1998. 199 p.

32. Verkhunov P. M., Fadeev M.G. Ukazaniya o poryadke osvidetelstvovaniya zagotovlennoy drevesiny i mest rubok glavnogo polzovaniya v lesozagotovitelnykh predpriyatiyakh i leskhozakh Krasnoyarskogo kraya [Instructions on the Order of Inspection of Cut Timber and Places of Final Felling at the Forest Harvesting Operations and Forestry Enterprises of Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk: SibNIILKHE. 1961. 32 p.

33. Verkhunov P. M., Polikarpov N.P., Petrov N.F. and others. Pravila rubok glavnogo polzovaniya v lesakh Zapadnoy Sibiri [Rules of Felling in the Forests of Final Yield in Western Siberia]. Institut lesa i drevesiny imeni V.N. Sukacheva [Institute of Forest and Timber named after V.N. Sukachev]. Krasnoyarsk, 1968. 122 p.

34. Verkhunov P. M., Chernykh V.L., Popova A.V. and others. Sortimentnye i tovarnye tablitsy dlya lesov Gornogo Urala [Single-Tree Assortment and Stand Assortment Tables for Forests of Mountain Ural]. Moscow, 1987. 158 p.

35. Verkhunov P. M., Chernykh V.L., Popova A.V. and others. Sortimentnye i tovarnye tablitsy dlya lesov Gornogo Urala [Single-Tree Assortment and Stand Assortment Tables for Forests of Mountain Ural]. Rosleskhoz, MarGTU. 2e izd., pererab. i dop. [Federal Forestry Agency, MarSTU. 2d edition, improved and enlarged]. Moscow: VNIITSlesresurs, 1997. 208 p.

36. Verkhunov P.M., Agliullin F.V., Grachev V.M. Vozrasty spelostey i rubok nasazhdeniy v vodookhrannyykh lesakh Respubliki Mariy El [Ages of Maturity and Felling of Stands in Waterprotecting Forests of Mari El Republic]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1996. 39 p.

37. Verkhunov P.M. Sostoyanie i perspektivy razvitiya normativnoy bazy lesopolzovaniya [Condition and Perspectives of Development of Normal Base of Forest Exploitation]. Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya lesoustroiteley [Materials of All-Russian Meeting of Forest Managers]. Vologda, 1995. P. 123-127.

38. Verkhunov P. M., Moiseev N.A., Murakhtanov E.S. Lesoustroystvo: uchebnoe posobie [Forest Tenure: study guide]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2003. 444 p.

39. Verkhunov P. M., Chernykh V.L. Taksatsiya lesa: uchebnoe posobie [Forestry Examination: study guide]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2004. 368 p.

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, лесостроительство 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 Древообработка, 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. Ключевые слова статьи предоставляются на **русском и английском языках**.

Также необходимо предоставить **авторское резюме** статьи на русском и английском языках (**не менее 250–300 слов**), отражающее существо работы, понятное без обращения к самой публикации; оно является основным источником информации в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал.

Авторское резюме должно излагать существенные факты работы, и не должно преувеличивать или содержать материал, который отсутствует в основной части публикации.

Структура резюме должна повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы).

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в авторском резюме не приводятся.

В тексте авторского резюме следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций.

В тексте авторского резюме следует применять значимые слова из текста статьи.

Текст авторского резюме должен быть лаконичен и четок, свободен от второстепенной информации, лишних вводных слов, общих и незначащих формулировок.

Текст должен быть связным, разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого.

Сокращения и условные обозначения, кроме общеупотребительных, применяют в исключительных случаях или дают их расшифровку и определения при первом употреблении в авторском резюме.

В авторском резюме не делаются ссылки на номер публикации в списке литературы к статье.

Можно использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины, четко излагая свое мнение, имея также в виду, что вы пишете для международной аудитории.

Текст должен быть связным с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «moreover», «for example», «the benefits of this study», «as a result» etc.), либо разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого.

Необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. "The study tested", но не "It was tested in this study" (частая ошибка российских аннотаций).

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 четкости.

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) 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), ученая степень, должность, место работы с указанием почтового адреса учреждения (на русском и английском языках), область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, e-mail.

К статье прилагаются следующие **документы**:

- авторское заявление с указанием рубрики журнала;
- 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>

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