



## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.032: 625.711.84/72

**Ю.А. Варфоломеев, А.Т. Гурьев, О.Г. Плехов, Р.А. Алешко**

Северный (Арктический) федеральный университет

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационному развитию Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

E-mail: y.varfolomeev@narfu.ru



Гурьев Александр Тимофеевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, директор Института информационных и космических технологий Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 150 научных трудов в области исследования процессов лесного комплекса.

E-mail: atg6@rambler.ru



Плехов Олег Георгиевич родился в 1934 г., окончил в 1958 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 60 научных трудов в области промышленного транспорта.

E-mail: avdor@agtu.ru



Алешко Роман Александрович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры информационных технологий Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 10 научных трудов в области обработки данных дистанционного зондирования лесных территорий.

E-mail: roman@aleshko.com



### **ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ С НЕПРЕРЫВНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ В ЛЕСАХ С БИОПОВРЕЖДЕНИЯМИ\***

На основе автоматизированной обработки данных космического мониторинга со сверхвысоким разрешением разработана методика высокотехнологичного проектирования инфраструктурного строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с развивающимися биоповреждениями.

\* Исследования проведены в соответствии с планом-графиком работ по проекту «Создание высокотехнологичного производства щепы из сухостойной древесины для получения сульфатной целлюлозы», победившему в конкурсе на право получения субсидии для выполнения НИОКР на основании постановления Правительства РФ № 218 от 9 апреля 2010 г. (государственный контракт №13.G25.31.0036 от 07.09.2010 г. ОАО «Соломбальский ЦБК»).

*Ключевые слова:* биоповреждение лесов, космический мониторинг, дороги, проектирование, строительство, реконструкция.

Катастрофическое биоповреждение ценных хвойных лесов на Северо-Западе России, инициирующее их усыхание, кардинально повлияло на лесопользование. По экономическим соображениям лесозаготовители в первую очередь осваивают здоровые древостои, обходя сухостойные. При больших объемах биоповреждений лесозаготовки быстро продвигаются в глубь девственных лесов, где полностью отсутствует дорожная сеть [4].

В зону катастрофически пострадавших ценных еловых лесов Архангельской области, в междуречье Северной Двины и Пинеги, попали 155 населенных пунктов, где на 2005 г. проживали 20,8 тыс. чел. Из них 5 тыс. чел. трудились на лесозаготовительных предприятиях. При этом следует учесть, что других предприятий здесь нет [2]. Строительство сети дорог позволит организовать эффективное лесопользование и создать обширную инфраструктуру малых лесоперерабатывающих производств непосредственно в районе заготовок [1, 3, 7, 10]. Это обеспечит решение проблемы трудовой занятости населения, развитие углубленной лесопереработки с получением дорогостоящей продукции строительного и другого назначения при значительном снижении себестоимости готовой продукции за счет уменьшения удельных транспортных затрат.

Анализ практического опыта показывает, что реальный период планирования современных лесозаготовительных предприятий с учетом заключения договоров с лесопотребителями составляет 2–3 года. Такой же период должен быть и для ввода новых участков лесовозных дорог. Максимальная величина предварительного планового периода определяется периодом инвентаризации лесного фонда, который обычно составляет 10 лет. Однако в лесах с динамичными биоповреждениями указанная практика не приемлема, поскольку развитие инфраструктуры транспортной сети в настоящее время необходимо проектировать на фоне скоротечных изменений сырьевой базы, товарно-рыночных отношений и конкретных экономических и производственно-технических условий предприятий. Современные оптимальные технологии освоения и управления обширными лесными территориями России с учетом динамики их изменения во времени неизбежно связаны с использованием космического мониторинга для системного сбора и обработки информации об их состоянии [5].

Цель исследований – разработка методики проектирования инфраструктурного строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом для постоянной эффективной эксплуатации лесов с биоповреждениями на основе использования актуальных многоаспектных данных космического мониторинга о быстро изменяющемся сырьевом потенциале усыхающих древостоев, гидрологических параметрах, включая сезонные затопления территорий, а также о рельефе местности и других естественных препятствиях.

Проектирование инфраструктуры дорог разного назначения для рациональной эксплуатации лесов с динамичными биоповреждениями включает две основные составляющие: оценку природных ресурсов; оценку актуальных данных о топографических характеристиках, гидрологии трассы в различные сезоны года (особенно в период весеннего половодья), инженерной геологии местности, условиях строительства и др.

При оценке ресурсной составляющей лесов с биоповреждениями важно учитывать не только их породно-возрастной состав, класс товарности и другие таксационные характеристики, но и определять здоровые и усыхающие древостои. Такую оценку можно оперативно выполнить с помощью данных многоспектральной съемки со спутников. Указанную информацию получают со спутника SPOT-5, прием данных с которого ведется в Центре космического мониторинга Арктики С(А)ФУ [5]. Синтез каналов разновременных изображений позволяет получить достоверную картину состояния растительности и выявить очаги и параметры биоповреждений древостоев, включая направление и скорость их распространения.

Количественные показатели яркости изображения в различных спектрах целесообразно использовать для расчета вегетационных индексов, например наиболее часто используемого нормализованного разностного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI). Следует отметить, что по значению индекса можно не только подразделить территории на лесные и нелесные, но и выявить участки с угнетенной растительностью.

Для выявления водных преград при проектировании и строительстве лесных дорог наиболее эффективно использовать спектральный канал снимков в диапазоне 0,78...0,89 мкм, на который приходится минимум яркости водных объектов (наиболее темные участки снимков). По такой технологии можно достоверно выявить наличие водных преград даже при визуальной оценке. Высокотехнологичное оборудование Центра космического мониторинга Арктики С(А)ФУ и технологии автоматизированной обработки космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения (1 м/пиксель и выше), разработанные Институтом информационных и космических технологий С(А)ФУ [12–14], позволяют осуществлять мониторинг таяния снега и льда, в том числе определять параметры движения ледохода, весенних затоплений и т.п. Это имеет большое значение для выбора трассы, строительства и эксплуатации дорог.

Перепады высот по трассе выявляются с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР). Высокоточная ЦМР может быть построена по стереоснимкам в видимом диапазоне. Стереоснимок представляет собой совокупность двух снимков, один из которых выполнен с наименьшим углом наклона вдоль траектории от надира, второй – под большим углом.

Второй вариант построения ЦМР основан на использовании пары радарных снимков, полученных, например, со спутников RADARSAT-1, 2. При наличии высокоточной ЦМР местности появляется возможность оптимального проектирования строительства и реконструкции дорог с учетом естественных преград, включая особенности рельефа.

Для уточнения информации о состоянии изменяющихся растительных покровов территории и существующих естественных преградах, необходимых для проектирования и строительства дорог, применяли данные со спутника EROS-B, осуществляющего съемку сверхвысокого разрешения в панхроматическом диапазоне с разрешением до 0,7 м/пиксель. По указанным данным анализировали рисунки природных объектов, их текстурные и структурные компоненты, что позволило получать максимально точную многоаспектную информацию о свойствах, взаимном расположении отдельных деревьев, элементов полога леса.

Полученные результаты анализа экспортировали в геоинформационную систему (ГИС) для создания многослойного изображения, содержащего все необходимые данные для прокладки трассы. Процесс высокотехнологичного проектирования дорог в ГИС можно осуществлять в автоматизированном (интерактивном) режиме, используя алгоритмы вычисления оптимальных путей с учетом всех особенностей территории. Комплексный анализ актуальной информации о лесной территории позволяет максимально эффективно использовать природные и технические ресурсы, организовать строительство и эксплуатацию инфраструктуры дорог и производств при наименьшем ущербе окружающей среде.

Следует отметить, что создание дорог в значительной степени усложняется отсутствием современных нормативных документов по проектированию инфраструктуры лесозаготовительных, а также лесоперерабатывающих предприятий, создаваемых в районах размещения сырьевых ресурсов. Нормативная база отрасли, которая в Архангельской области ранее разрабатывалась Гипролестрансом, с начала кардинальных экономических преобразований в нашей стране перестала пополняться, а сам институт изменил название, статус, форму собственности и приоритетное направление деятельности. В создавшихся условиях трудно планировать деятельность и развивать инфраструктуру предприятий ЛПК вблизи лесозаготовок, базируясь на реально формирующихся затратах.

При разработке рациональных методов транспортирования сырья на промплощадку автотранспортом целесообразно использовать экономико-математическую модель планирования лесозаготовок, в основу которой положен автоматизированный расчет лесотранспортной сети [6]. Автор указанной модели Е.Г. Гладков использовал метод моделирования процессов развития железных дорог в нашей стране, разработанный Институтом комплексных транспортных проблем [8]. Автоматизированный расчет автотранспортной инфраструктуры по предложенной методике позволяет оперативно проектировать и строить дороги в лесах, которые имеют требуемую породно-товарную структуру, отвечающую запросам потребителей. После вырубki деревьев на делянках, вывозки и переработки древесины, получения прибыли от продажи предполагается вновь проектировать и строить дороги к неосвоенным лесным массивам, которые по своему составу соответствуют требованиям уже нового портфеля заказов.

Средние и малые предприятия, которые самостоятельно ведут лесозаготовку преимущественно для собственных нужд, не в состоянии обеспечить строительство протяженных лесных дорог. Учитывая это, им часто выделяют участки вблизи существующих трасс. В данном случае в стоимость аренды следует включать стоимость строительства лесовозной дороги, которая начисляется на каждый кубический метр заготовленного и вывезенного сырья в зависимости от породного состава и крупности древесины [11].

При рациональном проектировании и строительстве транспортной инфраструктуры магистральные лесовозные дороги можно использовать для соединения отдельных лесных поселков, что имеет особое значение при освоении ресурсов больших массивов девственных лесов на малонаселенных и труднодоступных территориях Севера России [2]. При этом по такой дороге будут регулярно проезжать легковые и грузовые автомобили, не связанные с лесозаготовками. Характерным примером для Архангельской области является промышленная Хайнозерская лесовозная дорога в Онежском районе. По ней сначала интенсивно вывозили заготовленную древесину, потом в процессе эксплуатации ее реконструировали. В результате такого стратегического подхода к проектированию строительства и последующей реконструкции в настоящее время указанная дорога входит в транспортную сеть, соединяющую г. Онегу и лесные поселки с Северодвинском, Архангельском и далее, через федеральную автомобильную трассу М8, со всей автодорожной сетью Европы и Азии.

По мере эксплуатации лесовозных дорог во многих случаях их экономически целесообразно переводить в дороги общего пользования путем поэтапной реконструкции в соответствии с требованиями, отвечающими новым условиям. Объем работ по реконструкции зависит от категории и технического состояния лесовозной дороги. Как правило, в зависимости от интенсивности движения их переводят в дороги V или IV категории. При расчетной (перспективной на 20 лет) интенсивности движения транспортных единиц до 200 шт./сут (приведенных к легковому автомобилю) конструктивное решение дороги должно соответствовать V категории, а при интенсивности до 2000 шт./сут – IV категории [15, 16]. При более высокой суточной интенсивности движения категория реконструируемой дороги должна быть выше. Реконструкция, как правило, связана не только с увеличением радиуса кривых до допустимых нормативных параметров дороги соответствующей категории, но и с устройством переходных кривых на всех участках круговых кривых с радиусом 2000 м и менее. На промышленных дорогах переходные кривые предусматриваются при радиусе кривых в плане 250 м и менее. В отдельных случаях изменение плана дороги может быть обусловлено необходимостью устранения ее необоснованной извилистости.

При переводе лесовозных дорог категорий I-в и II-в в категорию IV (общего пользования), а также категории IV-в в категорию V не требуется увеличивать ширину земляного полотна. При переводе дороги категории

III-в в категорию IV ширину земляного полотна следует увеличить на 1,0...1,5 м. При переводе лесовозных дорог в дороги общего пользования с более высоким уровнем технических характеристик требуется соответствующее увеличение ширины земляного полотна. Требования по обеспечению возвышения покрытия над наиболее высоким уровнем грунтовых вод либо наличия поверхностных вод для дорог промышленных и общего пользования одинаковы.

Реконструкция лесовозных дорог в целях перевода их в дороги общего пользования, в первую очередь, связана с изменением проекта продольного профиля. Технические требования к проектированию продольного профиля дорог промышленных и общего пользования существенно отличаются. Это вызвано более низкими расчетными скоростями движения транспорта на промышленных дорогах. На них допускается проектировать вертикальные кривые значительно меньших радиусов, чем на дорогах общего пользования. При этом допустимый продольный уклон меньше, чем на дорогах общего пользования. Например, для дорог категории IV-в наибольший продольный уклон допускается до 40 %, тогда как при тех же условиях для дорог общего пользования, даже низшей категории (V), он составляет 70 %.

Требования к дорожным одеждам на дорогах общего пользования и промышленных одинаковы. Поэтому расчеты на прочность покрытий осуществляют по одной методике [9]. Для дорог общего пользования в кривых радиусом менее 2000 м устраивают вираж, т.е. проезжую часть проектируют с одностатным продольным профилем, а на промышленных дорогах вираж предусматривают в кривых радиусом 600 м и менее.

После вырубki леса, который расположен в зоне временной лесовозной дороги, экономически целесообразно продлить ее жизненный цикл за счет использования для перевозки материалов, техники и рабочих в процессе ухода за лесом и в качестве противопожарной. Для такого изменения функционального назначения, как правило, не требуется дополнительных затрат. Анализ практического опыта эксплуатации лесных дорог в Архангельской области показал, что при строительстве временной дороги с продленным жизненным циклом, которую планируется реконструировать для последующего использования в качестве противопожарной и лесохозяйственной, необходимо полностью отказаться от применения древесины при устройстве покрытия проезжей части. Это особое требование обусловлено тем, что деревянно-лежневое покрытие обеспечивает удовлетворительное состояние дороги в течение непродолжительного срока эксплуатации, который вполне достаточен для временной дороги. Однако дальнейшая ее эксплуатация невозможна, поскольку крепления деревянных элементов лежневого покрытия с течением времени ослабляются и интенсивно разрушаются под воздействием дереворазрушающих грибов. Кроме того, дорога с деревянным покрытием опасна в пожарном отношении.

*Выводы*

1. Разработана методика высокотехнологичного проектирования инфраструктурного строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с развивающимися биоповреждениями. Методика основана на автоматизированной обработке данных космического мониторинга со сверхвысоким разрешением (1 м/пиксель и выше) в режиме реального времени.

2. Предложенная методика обработки снимков позволяет оперативно определять изменяющиеся запасы усыхающих древостоев, рельеф и гидрологические параметры трасс, включая данные о сезонных затоплениях территорий. Внедрение результатов исследований в практику проектирования позволит обеспечить эффективную постоянную эксплуатацию возобновляемых лесных ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев А.Е., Алексеева Л.В.* Организация малых лесопильных предприятий. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 731 с.
2. *Булатов А.Ф., Варфоломеев Ю.А., Трубин Ю.Г.* Социально-экономические последствия биопоражения и усыхания лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги // Наука – северному региону: Сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 2005. – Вып. 62. – С. 224–227.
3. *Варфоломеев Ю.А.* Автоклавная модульная установка для глубокой пропитки древесины защитными препаратами // Лесн. пром-сть. – 2002. – № 4. – С. 18.
4. *Варфоломеев Ю.А.* Модернизация производства переработки еловой древесины с биоповреждениями // Лесн. журн. – 2010. – № 4. – С. 142–147. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Варфоломеев Ю.А., Гурьев А.Т., Алешко Р.А.* Методические и технические аспекты космического мониторинга биоповреждения и усыхания еловых лесов // Лесн. журн. – 2010. – № 5. – С. 149–156. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Гладков Е.Г.* Территориальная динамика лесозаготовок: Моделирование и оптимизация эффективности развития лесозаготовок в современных экономических условиях. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского госуд. ун-та, 2006. – 188 с.
7. Завод автоклавной пропитки древесины в леспромхозе / Ю.А. Варфоломеев [и др.] // Лесн. пром-сть. – 2000. – № 4. – С. 14.
8. *Ильин Б.А.* Обоснование параметров и размещение путей лесотранспорта. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 137 с.
9. МОДН 2–2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Союздорнии, 2002. – 152 с.
10. Переработка сырья в леспромхозе с получением строительных изделий круглого сечения / Ю.А. Варфоломеев [и др.] // Наука – северному региону: Сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 2002. – С. 24–28.
11. *Плехов О.Г., Зарудный Д.В.* Капитальные затраты на строительство временных лесовозных дорог // Материалы докл. XV Коми республиканской молодеж. науч. конф. В 2-х томах. Том 1. – Сыктывкар: Изд-во КНЦ УрО РАН, 2004. – С. 189 – 191.

12. Программа автоматизированного определения основных таксационных показателей лесов Европейского Севера по данным спутниковых снимков / Р.А. Алешко, А.Т. Гурьев, С.В. Торхов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2009614299; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 19.06.09.

13. Распределенная информационная система управления лесными ресурсами / А.Т. Гурьев [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612295; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 26.03.10.

14. Система поддержки принятия решений по выбору комплекса лесозаготовительных машин с учетом природно-производственных условий эксплуатации / А.Т. Гурьев, А.А. Блок // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010612294; зарегистр. в Реестре программ 26.03.10.

15. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги. – Госстрой России, 2003. – Режим доступа: [www.gostrf.com](http://www.gostrf.com).

16. СНиП 2.05.07–91\*. Промышленный транспорт. – Минстрой России, 1996. – Режим доступа: [www. Doclad.ru](http://www.Doclad.ru).

*Yu.A. Varfolomeev, A.T. Guriev, O.G. Plekhov, R.A. Aleshko*  
Northern (Arctic) Federal University

#### **High-technology Design of Road Building and Rehabilitation with Continuous Life Cycle in Forests with Biodeterioration**

The technique of high-technology design is developed for the infrastructure road building and rehabilitation with continuous life cycle in the forests with the developing biodeterioration based on the automatic data processing of space monitoring with ultra-high resolution.

Keywords: biodeterioration of forests, space monitoring, roads, design, building, rehabilitation.

---