

Научная статья

УДК 630.2

DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2021.4.05

Зонирование территории Удмуртской Республики по комплексной доступности лесов

Виктор Михайлович Сидоренков¹

кандидат сельскохозяйственных наук

Оксана Валерьевна Перфильева²

кандидат технических наук

Елена Михайловна Сидоренкова³

Константин Владимирович Вахрушев⁴

Татьяна Валерьевна Липкина⁵

Андрей Сергеевич Рыбкин⁶

Олег Викторович Рябцев⁷

кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. Сложившаяся в лесном планировании система оценки доступности лесов не позволяет учесть факторы пропускной способности дорог, сезонной доступности территории, расстояния и времени доставки лесной продукции и лесохозяйственной техники. На примере Удмуртской Республики апробированы методы комплексной оценки территории по доступности лесов, осуществлено зонирование территории республики по факторам, оказывающим влияние на комплексную доступность лесов. Доступность оценивали по степени развития сети дорог, продуктивности лесов, породному разнообразию, проходимости дорог в зависимости от почвогрунтов, ландшафтным особенностям территории, гидрологической ситуации, развитию транспортной инфраструктуры. При проведении исследований использовали современные методы геоинформационного анализа данных. На основе методов геоинформационного анализа составлены карты зонирования территории республики по плотности дорог, комплексной доступности лесов, режимам содержания и использования лесов, расстоянию и времени вывозки лесной продукции и транспортировки лесохозяйственной техники. Результаты исследований позволяют осуществить планирование различных систем ведения лесного хозяйства с учетом сезонной доступности лесов, времени и расстояния доставки лесных грузов. В совокупности эти показатели позволяют оценить возможности внедрения систем интенсификации лесного хозяйства на территории Удмуртской Республики.

Ключевые слова: доступность лесов, транспортная инфраструктура, данные спутниковой съемки, интенсификация лесного хозяйства

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель директора (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), lesvn@yandex.ru

² Акционерное общество «Российские космические системы», заместитель начальника отдела оперативного мониторинга и анализа данных ДЗЗ (Москва, Российская Федерация), kushnyr@ntsomz.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», заведующий лабораторией (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), sidora8@yandex.ru

⁴ Автономное учреждение «Управление Минприроды УР», директор (Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация)

⁵ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, младший научный сотрудник (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), ltv84@bk.ru

⁶ Акционерное общество «Российские космические системы», ведущий инженер (Москва, Российская Федерация), a.rybkin@ntsomz.ru

⁷ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зав. отделом (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), sektorles@yandex.ru

Для цитирования: Сидоренков В.М., Перфильева О.В., Сидоренкова Е.М., Вахрушев К.В., Липкина Т.В., Рыбкин А.С., Рябцев О.В. Зонирование территории Удмуртской Республики по комплексной доступности лесов // Лесохозяйственная информация. 2021. № 4. С. 72–82. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.05

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.05

Zoning of the Udmurdsкая Republic Territory by Forest Complex Accessibility

Victor M. Sidorenkov¹

Candidate of Agricultural Sciences

Oksana V. Perfilieva²

Candidate of Technical Sciences

Elena M. Sidorenkova³

Konstantin V. Vakhrushev⁴

Tatiana V. Lipkina⁵

Andrey S. Rybkin⁶

Oleg V. Ryabtsev⁷

Candidate of Agricultural Sciences

Abstract. Forest accessibility assessment is one of the key indicators of forest management planning, development of forest industry and non-wood forest use. Practically forest product and forest machinery transportation is required in all forest management types. Forest accessibility especially in no frost period affects forest regeneration operations that are a key element of updated forest management intensification system. In case of inaccessible forest regeneration areas for forest treatment operations forest regeneration will be affected by natural factors with productivity losses and tree species shift. The studies showed that the established forest accessibility assessment in forest planning does not allow to take road traffic capacity factors, territory accessibility season, forest product and forest machinery delivery distance and time into consideration. Integrated forest accessibility territory assessment procedures and the Republic territory zoning by various factors affecting forest accessibility have been tested in the Udmurdsкая Republic territory. Based on GIS analysis procedures the republic territory diagram maps were developed by road density, forest integrated accessibility, forest management and use modes, distance and access to forest product and forest machinery center time. Practical findings enable various forest management modes with regard to seasonal forest accessibility, forest product delivery distance and time. As a whole all these indicators enable intensification system introduction opportunities in a certain area.

Key words: forest accessibility, transport infrastructure, space survey data, forestry intensification.

For citation: Sidorenkov V., Perfilieva O., Sidorenkova E., Vakhrushev K., Lipkin T., Rybkin A., Ryabtsev O. Zoning of the Udmurdsкая Republic territory by Forest Complex Accessibility // Forestry information. 2021. № 4. P. 72–82. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.05.

¹ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Director (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), lesvn@yandex.ru

² Russian Space Systems, Deputy Manager of On-Line Monitoring and Remote Sensing Data Analysis Department (Moscow, Russian Federation), kushnyr@ntsomz.ru

³ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Lab Manager (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), sidora8@yandex.ru

⁴ UR Nature Board, Director (Izevsk, Udmurdsкая Republic, Russian Federation); Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), ltv84@bk.ru

⁵ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Junior Researcher (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), ltv84@bk.ru

⁶ Russian Space Systems, Leading Engineer (Moscow, Russian Federation), a.rybkin@ntsomz.ru

⁷ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Department Manager (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), sektorles@yandex.ru

Доступность лесов определяется как комплексный показатель, который включает транспортную, экономическую и лесоводственную доступность [1–5]. Планирование и назначение мероприятий в лесном хозяйстве всегда базируется на комплексной оценке доступности лесов. Определение доступности в различных исследованиях трактуется по-разному. Мы придерживаемся мнения, что доступность лесов – производная комплекса факторов, среди которых к определяющим относится плотность дорог, их пропускная способность, возможная прибыль от использования лесных ресурсов, себестоимость проведения лесохозяйственных работ и др.

Цель исследований – оценка комплексной доступности лесов Удмуртской Республики на основе технологий геоинформационного анализа данных по специфике транспортной инфраструктуры, особенностей почвогрунтов, гидрологических условий с учетом сложившихся механизмов транспортировки лесной продукции. Для достижения поставленной цели решали задачи по разработке методики определения транспортной доступности лесов в зависимости от различных факторов.

На территории Удмуртской Республики транспортировка лесной продукции осуществляется в основном автомобильным транспортом по лесным дорогам. Понятие «лесные дороги» включает в себя транспортные пути, находящиеся на лесной территории и обслуживающие лесные организации. В исследованиях Б.И. Кувалдина [6, 7] лесные дороги подразделяются на лесохозяйственные, используемые для выполнения лесохозяйственных работ; лесовозные, предназначенные для вывозки древесины; противопожарные; служебно-контрольные для обеспечения контроля специальных сооружений (мелиоративных каналов, газопроводов и т.д.). Строительство и проектирование лесных дорог регламентируется сводом правил «Дороги лесные, правила проектирования и строительства» [8].

Несмотря на четко установленные требования к различным категориям лесных дорог, заготовка древесины в основном осуществляется по лежневым и зимним лесовозным дорогам.

В связи с этим оценить объемы использования лесов только на основе информации о лесных дорогах невозможно без учета сети дорог сезонного назначения. При проведении исследований решение вопроса по актуализации сети автомобильных дорог осуществлялось с использованием данных оптической съемки отечественных космических аппаратов Канопус-В и Ресурс-П.

Транспортную доступность территории оценивали по степени развития сети дорог, продуктивности лесов, породному разнообразию, проходимости дорог в зависимости от почвогрунтов, ландшафтными особенностями территории, гидрологической ситуации, развитию транспортной инфраструктуры.

Важная составляющая комплексной оценки доступности грунтовых лесных дорог – проведение спектра гидрологических исследований территории, получение информации о подтоплении дорог в зависимости от гидрологического режима рек, озер, болот, родников. Предварительную оценку гидрологической ситуации можно осуществить с помощью топографических карт, содержащих информацию о высотных отметках уреза воды различных гидрологических объектов, а также сведений, полученных на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Проведенные исследования показали возможность использования при решении этих задач данных анализа спутниковой съемки – STRM (модели рельефа). Верификацию полученных результатов проводили с использованием информации из открытых источников, данных спутниковой съемки и сервиса OpenStreetMap.

Критерии дифференциации территории по несущей способности почвогрунтов определяли по экспериментальным данным с учетом уровня залегания первого водоносного горизонта и особенностей почвогрунтов.

Сеть дорог уточняли по результатам дешифрирования данных спутниковой съемки. На основе полученных сведений о комплексной транспортной доступности лесов было проведено зонирование территории субъекта по режимам ведения лесного хозяйства, в том числе с учетом сезонной доступности лесов.

Результаты исследований показали, что в республике развита сеть дорог: ее общая протяженность, по данным Лесного плана Удмуртской Республики, – 17 566 км, из них протяженность железных дорог – 474 км, а автомобильных дорог с твердым покрытием – 5 854 км [9]. Доля грунтовых дорог превышает 63%. По уточненным данным, их доля составляет 76 %. География сети дорог описывается направлениями: Пермь – Балезино – Глазов – Вятка (северная часть Удмуртской Республики); Агрыз – Ижевск – Балезино; Ижевск – Люкшудья – Кильмезь; Ижевск – Кварса (Воткинск) (центральная часть Удмуртской Республики); Казань – Агрыз – Сарапул – Екатеринбург; Сарапул – Армязь – Чайковский; Агрыз – Круглое Поле (Набережные Челны) (южная часть Удмуртской Республики).

Территорию республики пересекают две автомобильные дороги федерального значения:

- 1) Москва – Владимир – Нижний Новгород – Чебоксары – Казань – Елабуга – Ижевск – Игра (М7);
- 2) Игра – Пермь – Екатеринбург (Р242).

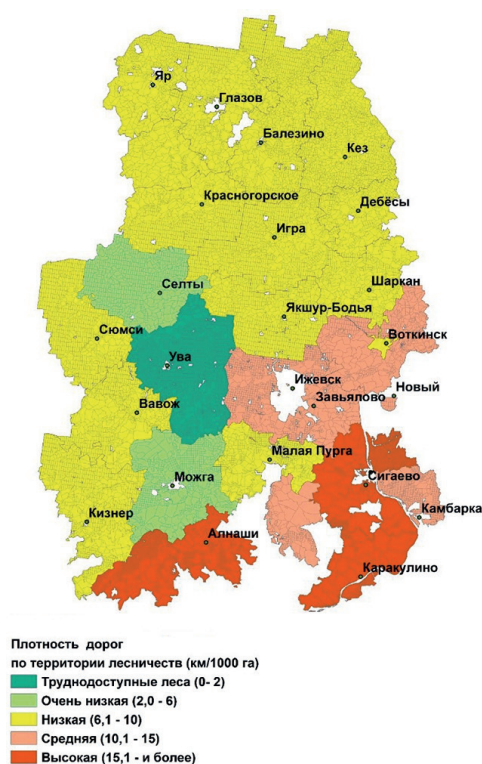


Рис. 1. Плотность дорог Удмуртской Республики [9]

В период действия Лесного плана Удмуртской Республики (2019–2029 гг.) запланировано строительство 277 км лесных дорог и реконструкция 1 714 км. В настоящее время в среднем по республике плотность дорог составляет 8,6 км/тыс. га [9]. В результате ввода в эксплуатацию новых дорог средний показатель плотности повысится до 9 км/тыс. га. Средняя и высокая плотность дорог отмечена в Воткинском, Завьяловском, Алнашском, Сарапульском районах, низкая – в Увинском районе (рис. 1).

Транспортировка лесных грузов и лесохозяйственной техники осуществляется преимущественно автомобильным транспортом. Вывоз заготовленной древесины в основном проводится по специализированным лесовозным дорогам, созданным лесозаготовительными компаниями.

Существующая логистическая сеть перемещения лесной продукции связана с развитием центров транспортировки и переработки древесины, которые тяготеют к сети дорог общего пользования и центрам железнодорожного сообщения.

Оценка потенциальной продуктивности лесных земель (рис. 2) и несущей способности грунтов проведена на основе анализа почвенной карты. На территории республики преобладают высокопродуктивные лесные насаждения (II класс бонитета). Низкопродуктивные насаждения IV класса бонитета и ниже характерны для территорий, занятых поймами рек, понижениями рельефа и различными типами болот.

На значительной части территории республики доминируют хорошо дренированные песчаные, супесчаные, легкосуглинистые почвы, что повышает класс несущей способности грунтовых дорог. Зависимость их пропускной способности от условий погоды не так значительна, как на различных типах средне- и тяжелосуглинистых почв, которые встречаются на территории Глазовского, Балезинского, Кезского, Шарканского, Каракулинского районов республики (рис. 3). Тем не менее при длительном выпадении осадков в безморозный период пропускная способность значительной части грунтовых дорог резко снижается.

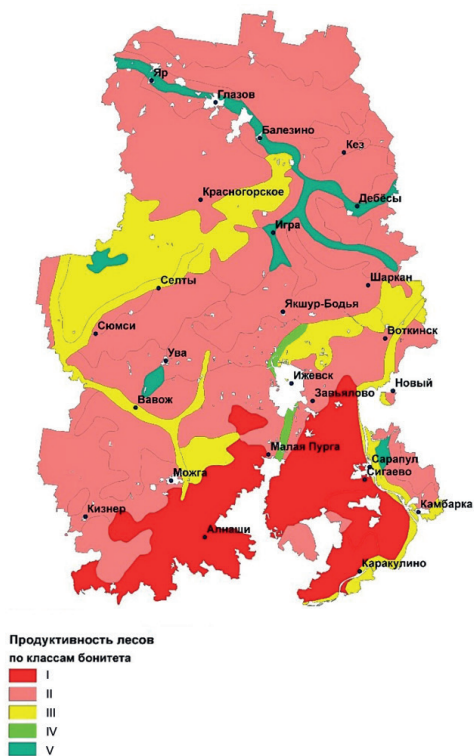


Рис. 2. Потенциальная продуктивность лесов по классам бонитета

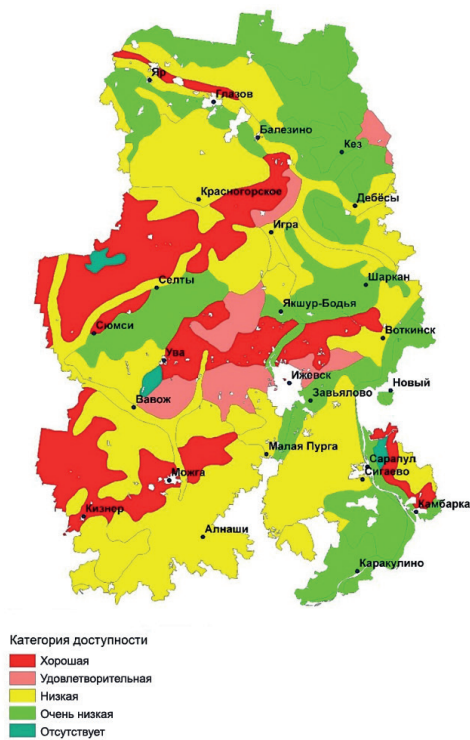


Рис. 3. Зонирование территории по категориям доступности лесов в зависимости от почвогрунтов

Уровень залегания грунтовых вод для большей части территории республики находится на глубине более 6 м, что исключает влияние его подъема на пропускную способность грунтовых дорог (рис. 4). Участки с высоким уровнем залегания грунтовых вод приурочены к гидрологической сети, большая их часть расположена в поймах рек и понижениях рельефа. Значительная площадь таких участков отнесена к различным категориям защитных лесов с ограничением хозяйственной деятельности.

При выполнении исследований были использованы данные сети дорог из ресурса OpenStreet Мар. Сеть дорог была уточнена по данным, полученным с российских космических аппаратов Канопус-В, Ресурс-И (рис. 5, А и Б). При отсутствии информации на части территории применяли данные панхроматических снимков Landsat 8 с российских космических аппаратов (рис. 5 В). Актуализация сети дорог по данным спутников Канопус-В, Ресурс-И, Landsat 8 приведена на рис. 6.

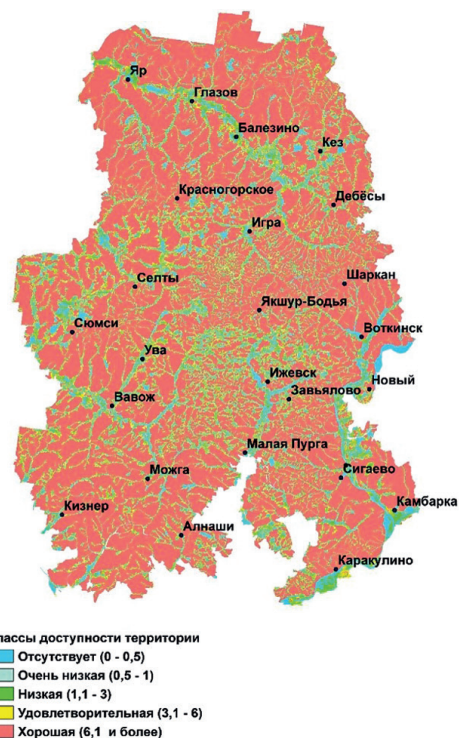
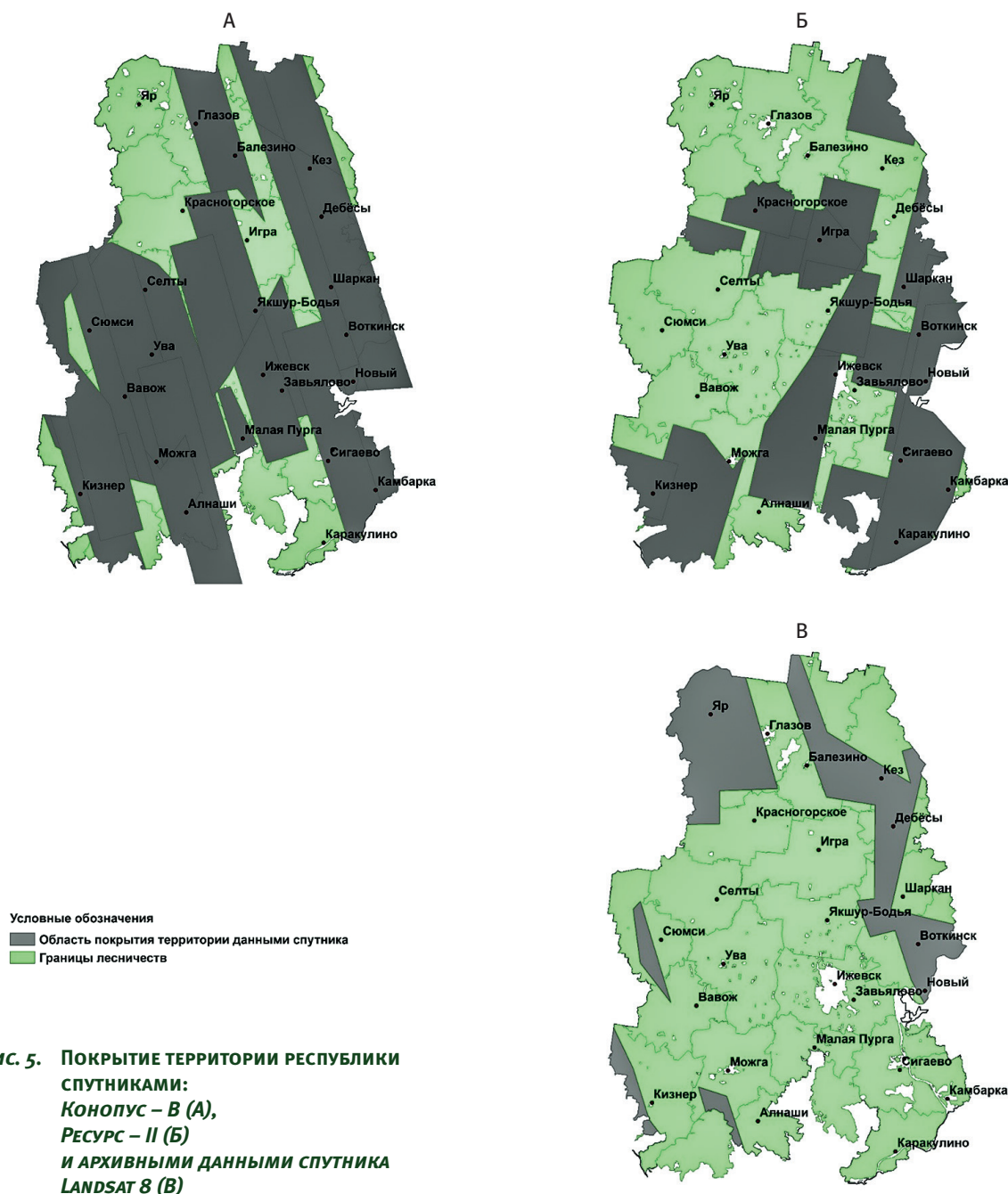


Рис. 4. Зонирование территории по классам доступности в связи с глубиной залегания грунтовых вод

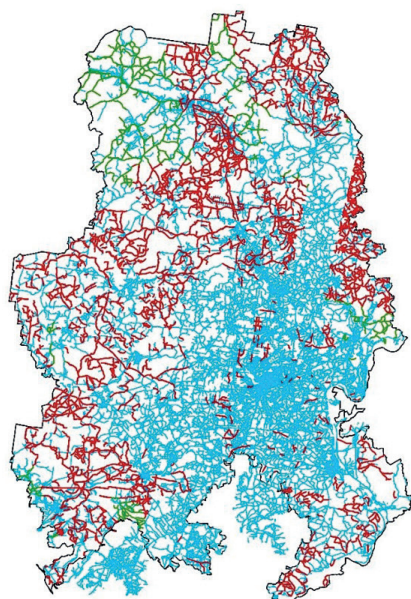


По материалам съемки с российских космических аппаратов была уточнена протяженность дорог, используемых для ведения лесного хозяйства (таблица). Их общая протяженность более чем в 2 раза превышает данные, приведенные в Лесном плане Удмуртской Республики [9].

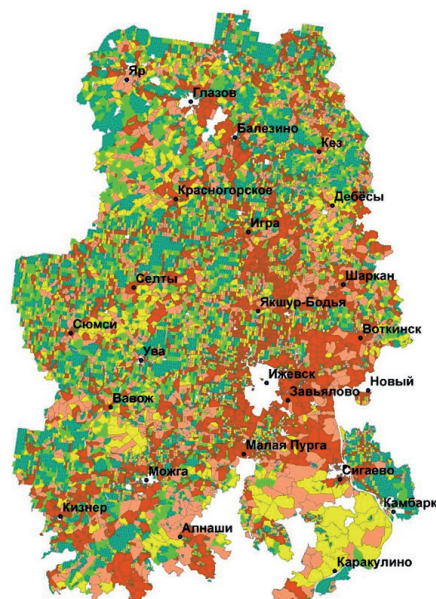
Результаты исследования позволили уточнить данные о плотности дорог в пределах каждого квартала. Для большей части территории республики плотность дорог изменяется от 6 до 10 км/тыс. га. Практически в каждом

административном районе большая плотность дорог характерна для территорий, расположенных около районных центров, с удалением на расстояние более 30 км плотность дорог менее 6 км/тыс. га (рис. 7).

Высокая плотность дорог, благоприятные природные факторы создают хорошие условия для внедрения на значительной части территории республики широкого спектра систем ведения интенсивного многоцелевого лесного хозяйства, в том числе плантационного



Условные обозначения
 — Актуализация сети дорог по данным спутников Канопус-В, Ресурс-ИИ
 — Актуализация сети дорог по данным спутника Landsat 8
 — Сеть дорог по данным OpenStreetMap



Плотность дорог
по кварталам (км/1000 га)
 — Труднодоступные леса (0,00 - 2,00)
 — Очень низкая (2,01 - 6,00)
 — Низкая (6,01 - 10,00)
 — Средняя (10,01 - 15,00)
 — Высокая (15,01 и более)

Рис. 6. АКТУАЛИЗАЦИЯ СЕТИ ДОРОГ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВ КАНОПУС-В, РЕСУРС-ИИ, LANDSAT-8

Рис. 7. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЛЕСОВ ПО КВАРТАЛАМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ ДОРОГ

Уточненные данные по протяженности дорог, используемых для ведения лесного хозяйства в Удмуртской Республике

Вид дорог	Источник данных	Протяженность дорог, км
Асфальт (включая бетон)	Landsat 8	140,4
	OpenStreetMap	5 565,5
	Канопус В, Ресурс-ИИ	2 589,6
Грунтовые	Landsat 8	80,2
	OpenStreetMap	27 692,2
	Канопус В, Ресурс-ИИ	528,9
Железнодорожные пути	Landsat 8	18,1
	OpenStreetMap	2 022,1
	Канопус В, Ресурс-ИИ	404,9
Проселочные без покрытия, зимники	Landsat 8	161,7
	OpenStreetMap	2 336,7
	Канопус В, Ресурс-ИИ	4 784,2
Всего		46 324,5

выращивания лесов. Зонирование территории по комплексу основных показателей, влияющих на доступность лесов, подтверждает данную концепцию (рис. 8).

Анализ расстояния транспортировки лесной продукции и лесохозяйственной техники, а также времени доставки лесных грузов показывает, что большая часть территории республики имеет

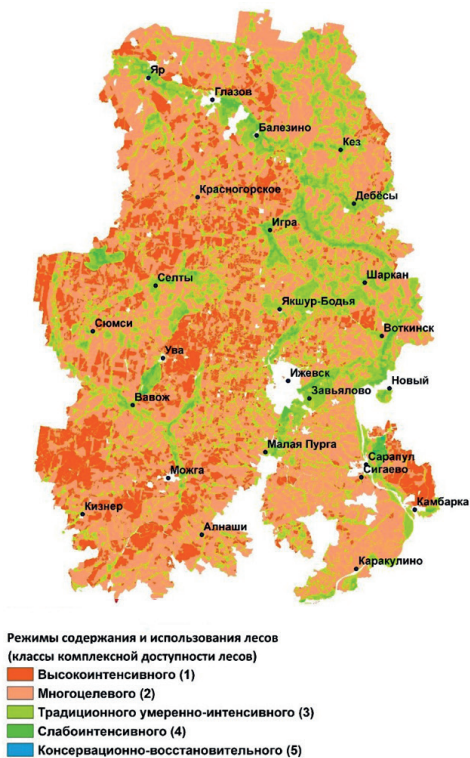


Рис. 8. Зонирование территории Республики по комплексной доступности лесов и режимам их содержания и использования

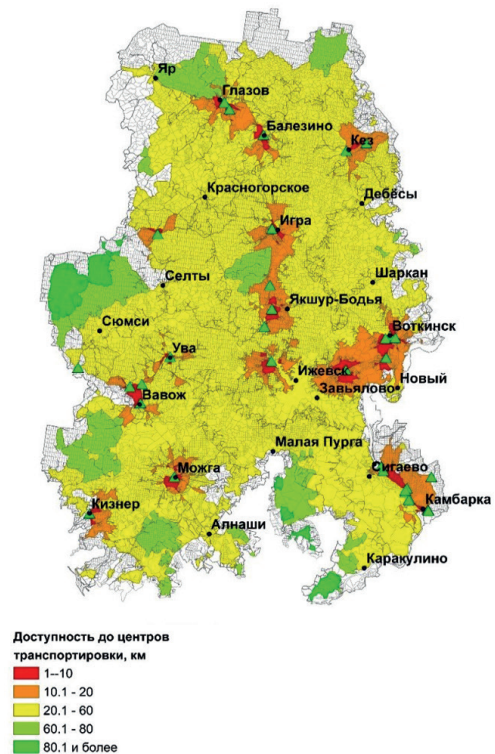


Рис. 9. Расстояния вывозки лесной продукции и транспортировки лесохозяйственной техники, смоделированные с помощью геоинформационного модуля NETWORKANALYST с учетом реальной дорожной сети

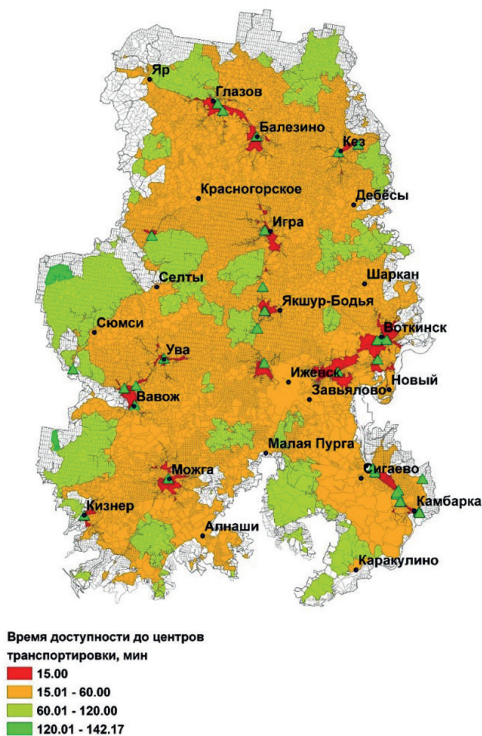


Рис. 10. Время доставки лесной продукции и транспортировки лесохозяйственной техники

высокую доступность: среднее расстояние вывозки находится в пределах 20–60 км (рис. 9), время доставки грузов – от 15 до 60 мин (рис. 10). Данные показатели подтверждают высокий потенциал комплексной транспортной доступности лесов республики.

Выводы

Оценка доступности лесов как комплексного фактора позволяет дифференцировать территорию по фактической транспортной доступности лесов с учетом пропускной способности лесных дорог в зависимости от гидрологических условий, характеристики почвогрунтов и плотности сети дорог общего пользования. Исследования показали, что при определении транспортной доступности лесов в системе лесохозяйственного планирования используются устаревшие данные.

Актуализация сети дорог возможна по материалам спутниковой съемки с отечественных и зарубежных космических аппаратов. При проведении исследований на территории республики уточнены сведения о протяженности дорог, а также актуализированы данные о сети новых автомобильных дорог с различным покрытием. В результате общая протяженность дорог, используемых в системе лесного хозяйства, составила около 46 тыс. км, что более чем в 2 раза превышает данные, приведенные в Лесном плане Удмуртской Республики. Значительная их часть представлена грунтовыми дорогами сезонного

назначения, что ограничивает доступность части территории при неблагоприятных погодных условиях.

С учетом сети дорог и их пропускной способности построены модели по расстоянию и времени вывозки лесной продукции и транспортировки лесохозяйственной техники. Среднее расстояние транспортировки до сортировочных центров переработки древесины составляет от 20 до 60 км, время транспортировки – от 15 до 60 мин. Созданная система зонирования территории республики выявляет проблемные районы для внедрения различных систем интенсификации лесного хозяйства.

Список источников

1. Зонирование территории Российской Федерации по интенсивности лесного хозяйства и лесопользования / А.А. Мартынюк, В.М. Сидоренков, Э.В. Дорощенко, Е.М. Сидоренкова, Ю.Г. Захаров // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 1. – С. 3–12.
2. Мохирев, А.П. Максимум запасов – минимум эффекта? Доступность лесных ресурсов России с точки зрения факторного анализа / А.П. Мохирев, М.О. Позднякова // Современные научные исследования и разработки. – 2016. – № 6(6). – С. 389–393.
3. Мохирев, А.П. Теоретические и методические основы доступности древесных ресурсов / А.П. Мохирев, М.О. Позднякова // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 11–1. – С. 76–80.
4. Факторы доступности древесных ресурсов: анализ влияния на ключевые критерии / А.П. Мохирев, М.О. Позднякова, О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Системы. Методы. Технологии. – 2018. – № 1 (37). – С. 110–115.
5. Ефремов, М.А. Транспортная доступность лесов как основной фактор уровня использования лесных ресурсов / М.А. Ефремов // Вестник Мар ГТУ. – 2009. – № 1 (5). – С. 60–66.
6. Кувалдин, Б.И. Лесохозяйственные дороги / Б.И. Кувалдин. – М. : Лесн. пром-сть, 1976. – 96 с.
7. Ильин, Б.А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б.А. Ильин, М.М. Коруннов, Б.И. Кувалдин. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 576 с.
8. Свод правил «Дороги лесные, правила проектирования и строительства» СП288.1325800.2016.
9. Лесной план Удмуртской Республики. Утвержден указом Главы Удмуртской Республики от 18.02.2019 № 17.

References

1. Zonirovanie territorii Rossijskoj Federacii po intensivnosti lesnogo hozyajstva i lesopol'zovaniya / A.A. Martynyuk, V.M. Sidorenkov, E.V. Doroshchenkova, E.M. Sidorenkova, Yu.G. Zaharov // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2016. – № 1. – S. 3–12.
2. Mohirev, A.P. Maksimum zapasov – minimum effekta? Dostupnost' lesnyh resursov Rossii s tochki zreniya faktornogo analiza / A.P. Mohirev, M.O. Pozdnyakova // Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki. – 2016. – № 6(6). – S. 389–393.
3. Mohirev, A.P. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy dostupnosti drevesnyh resursov / A.P. Mohirev, M.O. Pozdnyakova // Fundamental'nye issledovaniya. – 2018. – № 11–1. – S. 76–80.
4. Faktory dostupnosti drevesnyh resursov: analiz vliyaniya na klyuchevye kriterii / A.P. Mohirev, M.O. Pozdnyakova, O.A. Kunickaya, I.V. Grigor'ev // Sistemy. Metody. Tekhnologii. – 2018. – № 1 (37). – S. 110–115.
5. Efremov, M.A. Transportnaya dostupnost' lesov kak osnovnoj faktor urovnya ispol'zovaniya lesnyh resursov / M.A. Efremov // Vestnik Mar GTU. – 2009. – № 1 (5). – S. 60–66.
6. Kuvaldin, B.I. Lesohozyajstvennyye dorogi / B.I. Kuvaldin. – M. : Lesn. prom-st', 1976. – 96 s.
7. Il'in, B.A. Proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiya lesovoznyh dorog / B.A. Il'in, M.M. Korunov, B.I. Kuvaldin. – M. : Lesn. prom-st', 1971. – 576 s.
8. Svod pravil «Dorogi lesnye, pravila proektirovaniya i stroitel'stva» SP288.1325800.2016.
9. Lesnoj plan Udmurtskoj Respubliki. Utvergden ukazom Glavy Udmurtskoj Respubliki ot 18.02.2019 № 17.