

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЛЕСНОЙ ТИПОЛОГИИ

В.М. СИДОРЕНКОВ, ФБУ ВНИИЛМ, канд. с.-х. наук⁽¹⁾,

Е.П. МАТАФОНОВ, ООО «Научный инновационный центр Мониторинга Природной Среды», канд. геолого-минерал. наук⁽²⁾,

А.В. ЖАФЯРОВ, ФБУ ВНИИЛМ⁽¹⁾,

А.В. СЕРЕЖКИН, Финансово-экономическое управление Федерального агентства лесного хозяйства⁽³⁾

forestvniilm@yandex.ru, nicmps@yandex.ru, serezhkin.av@rosleshoz.ru

⁽¹⁾ ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»
141202, Московская обл., Пушкинский р-н, Пушкино г., ул. Институтская, 15,

⁽²⁾ ООО «НИЦ МПС» 143517, Московская обл. Истринский р-н, п. Глебовский, ул. Советская, д.5,

⁽³⁾ Федеральное агентство лесного хозяйства, 115184, Москва, ул. Пятницкая 59/19.

Приводится связь современных методов обработки информации на основе геоинформационного анализа с типологическими исследованиями на протяжении 20 века. Сочетание современных технологий с принципами самоорганизации лесных экосистем позволяет получить новые методы, позволяющие осуществить оценку устойчивости, продуктивности лесных насаждений, а также потенциал естественного возобновления. Применяемые ранее принципы лесной типологии позволяют понять, что происходит с лесными экосистемами при влиянии на них антропогенных процессов, какие результаты по продуктивности насаждений возможно получить на определенном участке. Но, к сожалению, методические разработки по лесной типологии не в полной мере учитывают негативные природные изменения, которые могут периодически повторяться за время онтогенеза насаждения. К одним из таких природных процессов относятся: засуха, изменение уровня грунтовых вод. Выходом из данной ситуации является применение современных геоинформационных методов анализа территории, позволяющих осуществить комплексную оценку влияния природных факторов на потенциальную продуктивность лесных насаждений, их устойчивость, особенности естественного лесовозобновления основных лесообразующих пород с учетом рельефа местности, ландшафтов, почвенного, гидрологического разнообразия разных участков и их типологических особенностей. Данные подходы к применению современных геоинформационных методов моделирования для оценки лесорастительных условий произрастания, продуктивности и устойчивости основных лесообразующих пород показаны на примере зонирования территорий трех субъектов, входящих в лесостепную и таежную зоны европейской части России и Западной Сибири.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, типы леса, продуктивность и устойчивость насаждений.

История лесного хозяйства на протяжении всего времени непосредственно связана с применением новых и инновационных методов при решении задач лесоводства, воспроизводства лесов, оценки условий произрастания насаждений, их устойчивости, а также классификацией типов леса и вырубок. Данную особенность можно объяснить стремлением специалистов лесного хозяйства понять специфику природных процессов и приблизить лесохозяйственные мероприятия к естественным механизмам природы. Развитие геоинформационных моделей анализа территории исторически уходит в далекие времена становления наук о геодезии, лесоустройстве, лесной типологии, геологии, гидрологии. Ежедневная необходимость в решении задач познания особенностей развития природы, связанной с деятельностью

человека, привела к поиску механизмов отражения пространственных данных вначале на бумажных носителях информации, а с появлением геоинформационных методов – в базах геоданных. Многими разработчиками современных программных продуктов отмечается, что именно познание законов природы и их воплощение в математическом аппарате позволило сформировать совершенную систему анализа данных.

Применение геоинформационных технологий задолго до появления современных методов компьютерного анализа предсказывали в исследованиях по динамической типологии И.С. Мелехов, Б.П. Колесников, В.Н. Сукачев, Г.В. Крылов [1–4] по лесной таксации и лесоводству М.М. Орлов, Н.П. Анучин, В.В. Загребев, М.Е. Ткаченко [5, 6], в области почвоведения и определения лесораститель-

ных условий В.В. Докучаев, Д.В. Воробьев [7]. В начале 20 в. тенденции развития науки определили механизмы формирования научных знаний и фундамента для развития геоинформационных технологий. Именно в начале 20 в. заложены основы современных методов лесоводства и лесной типологии [8].

Проведенные на протяжении последнего лет исследования по геоинформационным методам анализа позволяют понять спектр задач лесного хозяйства. В целом можно обозначить ключевые направления применения геоинформационных методов анализа данных:

1. Разработка картографического материала по результатам проектных работ.
2. Изучение ландшафтных особенностей территории.
3. Оценка устойчивости насаждений основных лесобразующих пород к воздействию неблагоприятных природных факторов.
4. Изучение условий произрастания лесных пород и типологических особенностей территорий.
5. Разработка классификационных карт по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
6. Разработка моделей анализа сложных природных процессов.
7. Создание геоинформационных баз в области лесоводства, лесоустройства.
8. Осуществление различных видов мониторинга.
9. Оценка повреждения насаждений из-за воздействия неблагоприятных факторов или вредителей и болезней леса.
10. Планирование лесохозяйственных мероприятий.
11. Разработка web ориентированных программных продуктов.

Приведенный список является далеко не полным отражением возможностей геоинформационных технологий, которые с каждым днем совершенствуются тысячами разработчиков. Природа цикличности и повторяемости естественных процессов дает уникальную возможность использовать алгоритмы анализа данных, разработанных для различных направлений в решении сходных задач в об-

ласти лесоводства, лесоустройства, гидрологии, а также управления лесоводственными системами [9]. Данная особенность в сочетании с методами объектно-ориентированного программирования позволяет создать базу геоинформационных методов. Доступность в современном мире данных наблюдений за природными процессами и механизмами их обработки имеет важное значение в развитии всех направлений науки.

В решении задач лесоводства многим специалистам знакомы такие направления применения геоинформационных систем, как разработка планов лесных насаждений, создание баз геоданных лесной таксации, а также систем мониторинга пожароопасной ситуации, изменений лесфонда. Учитывая значительное количество публикаций на эту тему, обзор в статье будет уделен направлениям оценки условий произрастания насаждений, а также оценки их устойчивости к воздействию неблагоприятных природных факторов, таких как засуха и изменение уровня грунтовых вод. Данные направления непосредственно связаны с динамической типологией леса, основы которой были заложены выдающимся исследователем и ученым И.С. Мелеховым [1]. Решение вопросов оценки условий произрастания основных лесобразующих пород, а также вопросов лесной типологии сочетает комплексный анализ района исследований с учетом почвенно-гидрологического разнообразия, особенностей ландшафтов, рельефа и природно-климатических факторов. Именно комплексное воздействие факторов оказывает значительное влияние на всю специфику условий произрастания лесных пород, определяет их сукцессии, в том числе и при антропогенном нарушении.

Сложность типологических исследований территорий на протяжении длительного времени не позволила осуществить внедрение лесной типологии в лесное хозяйство в полной мере. Предвидя такую ситуацию, на заре становления лесной типологии в нач. XX в. М.М. Орлов в дискуссиях по вопросам определения типов леса отмечал, что значительное разнообразие затрудняет их использование при организации планирования лесного хозяйства [5]. В последующем, при разработке региональных

систем ведения лесного хозяйства, Н.А. Моисев в книге «Воспроизводство лесных ресурсов» [10] подчеркивал, что основной недостаток типологических классификаций отражается в том, что исследователей, стоявших у истоков разработки типологии леса, интересовал в основном вопрос: с позиций каких ведущих факторов среды можно объяснить и классифицировать геоботаническое разнообразие лесорастительных условий и лесных сообществ. По его мнению, при становлении лесной типологии вопросам ее применения в лесном планировании отводилась второстепенная роль. Применение именно методов динамической типологии, учитывающей изменение лесных экосистем при воздействии природных и антропогенных факторов, создало фундамент для внедрения результатов типологических исследований в практику лесоводства [11, 12]. На этих принципах разработано значительное количество нормативно-правовых документов по использованию и воспроизводству лесов. На протяжении длительного времени были вскрыты и недостатки действующей системы, которые особенно проявились при осуществлении лесохозяйственных мероприятий по естественному и искусственному восстановлению. Значительный спектр проблем был связан с недостаточным учетом региональной специфики в переходных лесорастительных зонах, связанных со структурой ландшафта, почвенно-гидрологическими и климатическими особенностями территории. Необходимость решения этих вопросов неоднократно подчеркивалась в трудах И.С. Мелехова для условий европейской части России [1] и Колесникова Б.П., Крылова Г.В., Сочава В.Б. для Дальнего Востока и Западной Сибири [2, 4, 13]. В то же время оставалась проблема, как комплексно оценить особенности природных факторов для определенных типов ландшафта.

Применение современных методов геоинформационного анализа дало возможность решить эти вопросы и выделить ключевые факторы, влияющие на лесную растительность для определенных климатических условий, а именно:

- глубина залегания первого водоносного горизонта,
- особенность рельефа, стока,

– подтопление территорий,

– продуктивность лесных насаждений в зависимости от почвенного плодородия.

В основу анализа заложены принципы разделения лесных ландшафтов на элементарные составляющие с последующим определением их влияния на устойчивость, продуктивность лесных экосистем, а также на особенности их восстановления в различных лесорастительных условиях.

При зонировании территории районов исследований учитывались факторы, влияющие на естественную самоорганизацию лесных экосистем.

Продуктивность лесообразующих пород снижается с уменьшением степени богатства почвы. В большинстве случаев снижение составляет одну ступень бонитета. Исключение может наблюдаться при ограничивающих распространение лесообразующей породы факторах, где происходит уменьшение продуктивности более чем на класс бонитета.

Для каждой лесообразующей породы существует оптимум лесорастительных условий, за пределами которого происходит уменьшение продуктивности.

Условия произрастания определяются комплексом почвенно-гидрологических и климатических факторов.

Предварительный анализ продуктивности насаждений и устойчивости основных лесообразующих пород на территории Курской, Костромской, Томской областей показал значительную их зависимость от гидрологических особенностей территории, почвенного плодородия, рельефа местности.

При зонировании территории Курской области, с учетом комплексного анализа природных факторов с использованием геоинформационных технологий, удалось подтвердить экспериментальными данными, что лучшие условия для произрастания дубрав наблюдаются в поймах крупных рек (рис. 1). Благоприятные условия наблюдаются на типах серых почв и черноземах [14]. Неблагоприятные условия характерны для пойменных болотных и песчаных почв. Низкой продуктивностью также отличаются типы подзолистых почв, которые приурочены к лесным ландшафтам, где

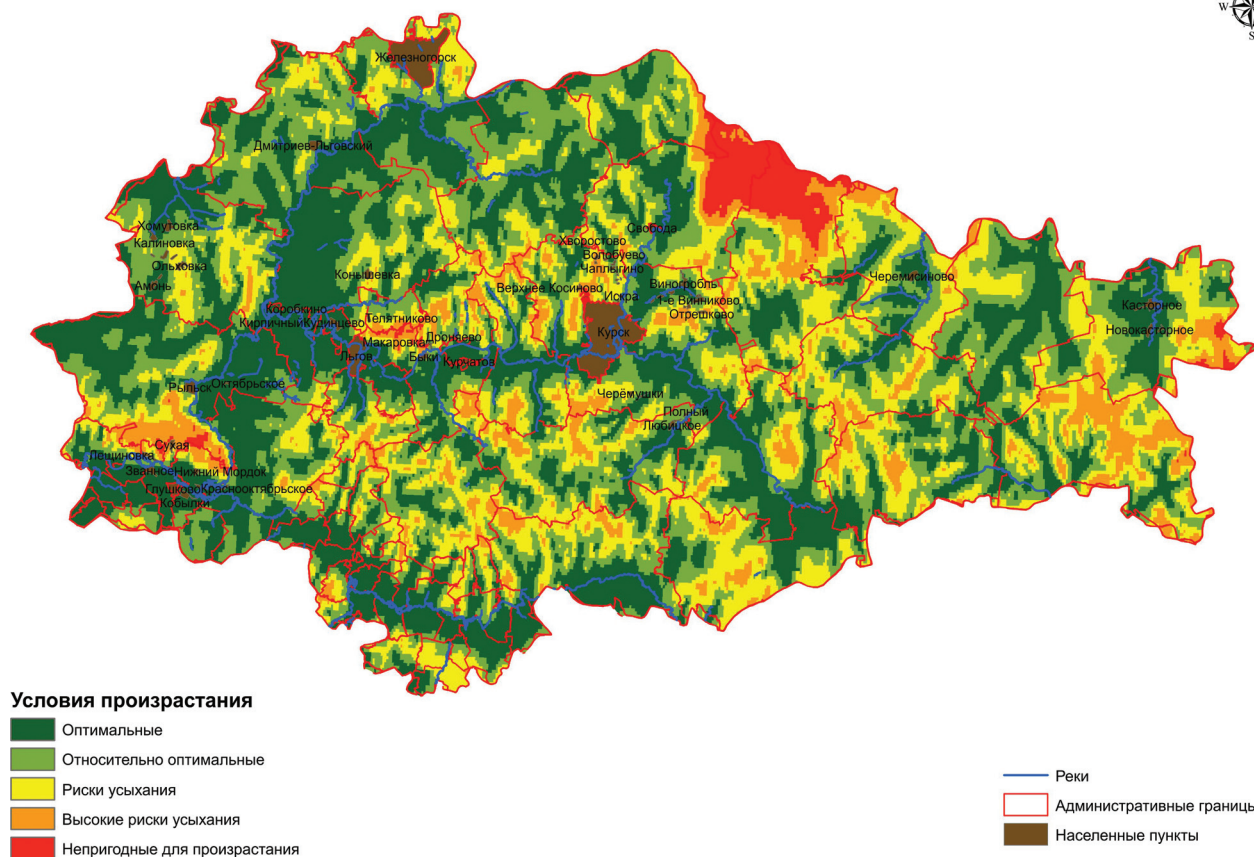


Рис. 1. Зонирование территории Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого
Fig. 1. Zoning in Kursk region in terms of growth of pedunculate oak

ранее преобладали или преобладают в составе насаждений хвойные породы. На этих видах почв участие дуба в составе насаждений возможно только на начальных этапах развития. В последующем он выпадает из состава из-за низкой освещенности и неспособности конкурировать в этих условиях с хвойными и мягколистными породами.

Зонирование территории области по гигротопам осуществлялось с использованием ранее проведенных исследований по развитию корневой системы дуба и зависимости устойчивости насаждений и глубины залегания уровня грунтовых вод [2]. За оптимальные условия произрастания дубрав взят уровень грунтовых вод, находящийся в пределах от 5 до 15 м от поверхности, относительно оптимальным от 15,1 до 20 м от поверхности, слабые риски усыхания от 20,1 до 35 м, высокие риски усыхания от 35 м и глубже. При уровне водоносного горизонта бассейнов рек, основного горизонта аккумуляции подземных вод, превышающем 40 м,

основное питание лесных экосистем происходит преимущественно от вод аэрации (осадков) и в значительной степени зависит от природно-климатических условий и устойчивости растений к воздействию засух.

Совокупный анализ почвенно-гидрологических условий позволил осуществить зонирование территории Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого (рис. 1). Результаты исследований показывают, что оптимальные условия произрастания дубрав тяготеют к участкам, располагающимся вдоль рек и обеспеченным достаточным питанием грунтовых вод. Неблагоприятные условия произрастания дуба, как правило, находятся на границе бассейнов, тяготеющих к возвышенным местам, где уровень основной аккумуляции поверхностных вод превышает 25 м от поверхности. Преобладание на таких участках черноземов и серых лесных почв создает еще большую зависимость роста насаждений от вод аэрации (осадков), так как

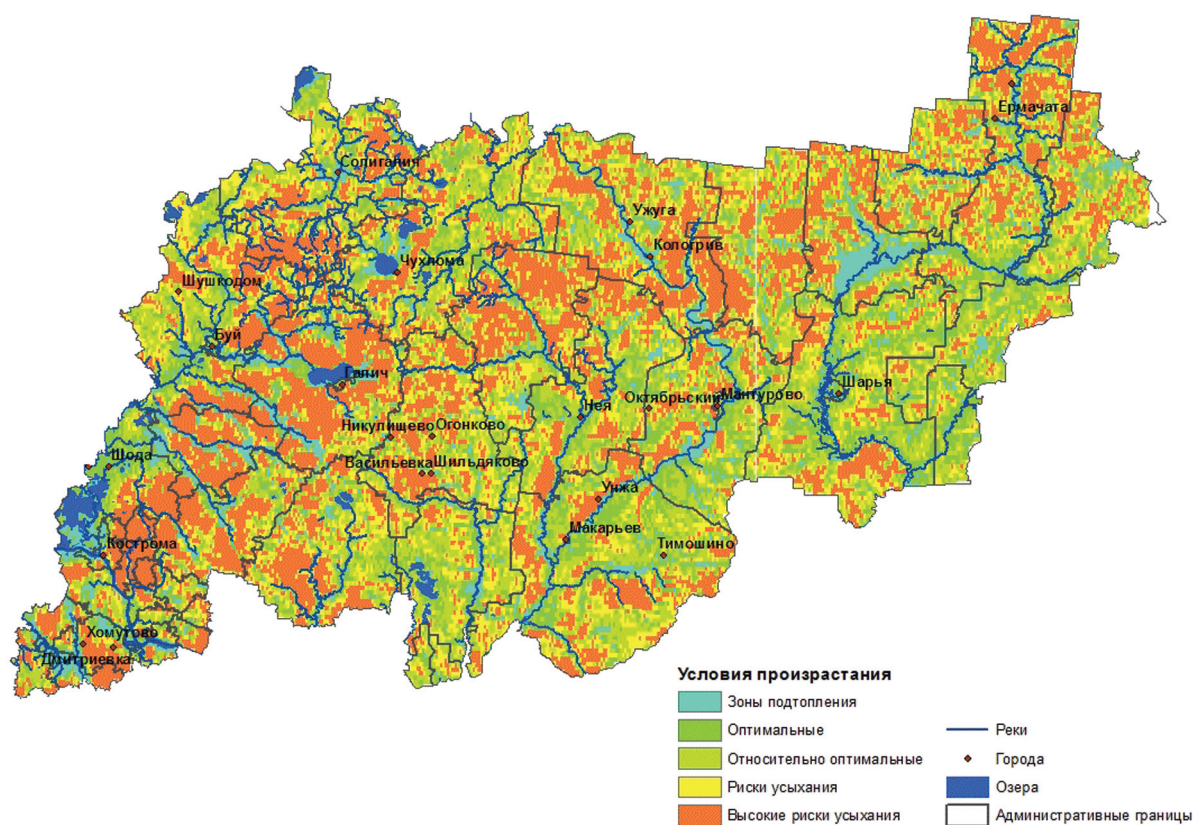


Рис. 2. Зонирование территории Костромской области по устойчивости темнохвойных лесных насаждений
Fig. 2. Zoning territory of the Kostroma region for the stability of dark coniferous forest stands

для данного вида почв наблюдается низкая инфильтрация, из-за которой при выпадении осадков формируется преимущественно поверхностный сток. Проникновение влаги в более глубокие горизонты почвы в данных условиях возможно только при достаточно длительном выпадении осадков, что в условиях лесостепи и степи наблюдается нечасто.

Изучение причин и условий, при которых происходит усыхание ели в таежной зоне европейской части России (на примере Костромской области), позволили сделать вывод, что засуха является наиболее значимым фактором, влияющим на ослабление ели, пихты и способствующим размножению стволовых вредителей. Периодичность и продолжительность усыхания ели в большей степени зависит от периодичности, продолжительности и территориального распространения засух, относящихся к обычным природным явлениям в указанной природно-климатической зоне. Из этого следует, что усыхание ели – естественный процесс, в результате которого изменяются лесные экосистемы [15, 16].

При изучении устойчивости темнохвойных насаждений применялись сходные методики оценки комплекса лесорастительных, гидрологических и эдафических условий, влияющих на произрастание лесных насаждений. Оценка лесных почв осуществлялась с использованием результатов исследований Архангельского института леса [17]. Определение гидрологического уровня бассейнов рек на территории области проводилась на основе данных Росгидромета разных лет.

Учитывая особенности формирования корневой системы у ельников [8, 10], за оптимальные условия произрастания взят уровень грунтовых вод, находящихся в пределах от 2 до 8 м от поверхности, относительно оптимальным – от 9 до 15 м от поверхности, слабые риски усыхания – от 16 до 20 м, высокие риски усыхания – от 21 м и глубже. При уровне водоносного горизонта бассейнов рек, основного горизонта аккумуляции подземных вод, превышающем 40 м, основное питание темнохвойных насаждений происходит преимущественно от осадков.

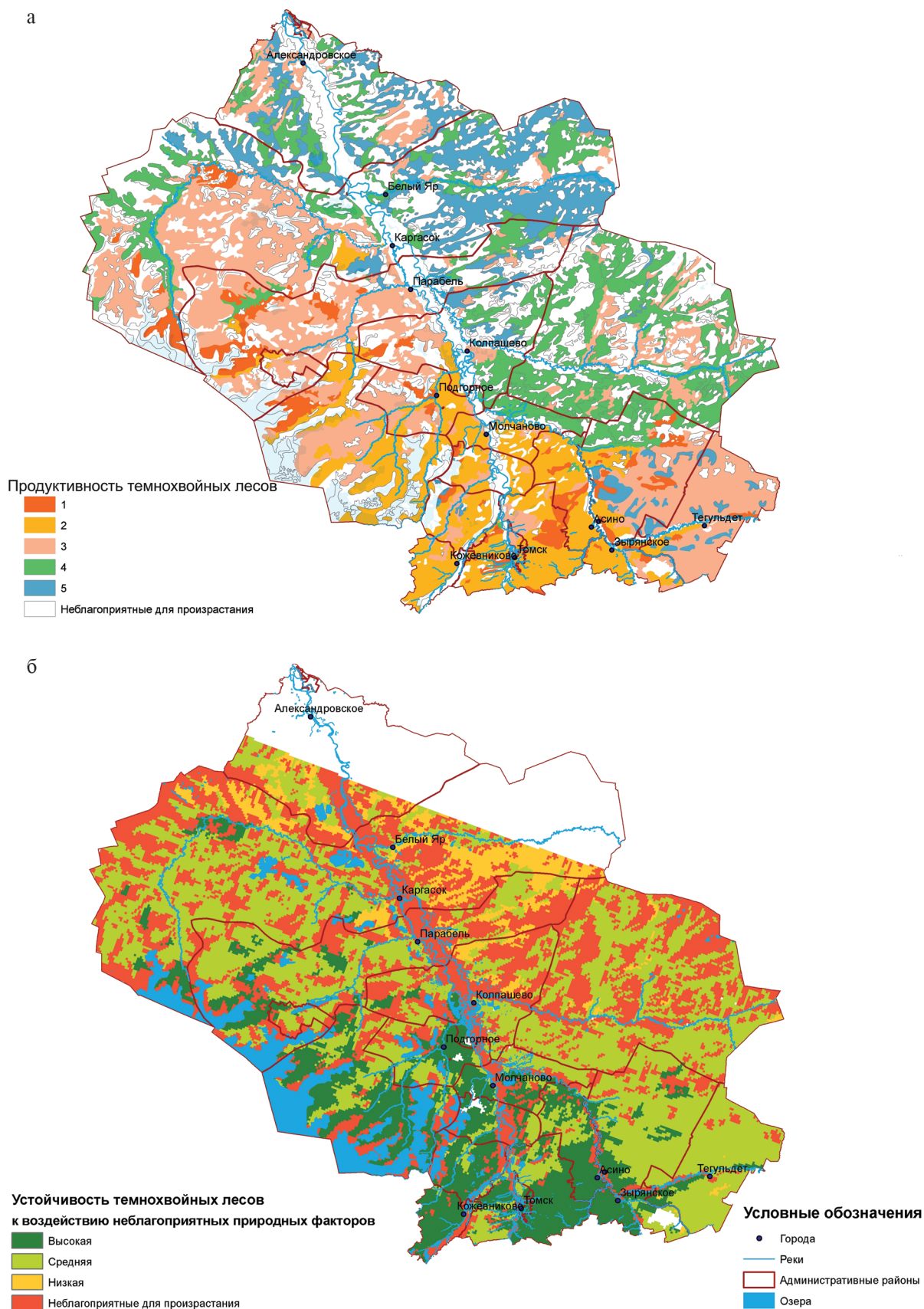


Рис. 3. Зонирование по продуктивности (А) и устойчивости (Б) темных хвойных лесов на территории Томской области
Fig. 3. Zoning productivity (A) and sustainability (B) dark coniferous forests on the territory of the Tomsk region

Результаты проведенных исследований по устойчивости лесных экосистем ели показали, что на значительной части территории Костромской области (рис. 2) преобладают благоприятные условия для произрастания ельников. В отличие от Курской области зависимость устойчивости насаждений ели в меньшей степени проявляется от речных систем и большей – от рельефа. В основном неблагоприятные условия складываются на возвышенных участках с глубоким залеганием уровня грунтовых вод. Такие участки могут находиться также около крупных рек при значительном превышении рельефа местности над урезом воды. С учётом специфики корневой системы ели при достаточно длительном периоде засух в этих местах хвойные насаждения будут менее устойчивы к воздействию короеда типографа и других вредителей.

Анализ условий произрастания темнохвойных пород на территории Томской области показал, что основным лимитирующим фактором является избыточное увлажнение территории. Развитие процессов болотообразования приводит к деградации темнохвойных насаждений и потере их продуктивности. В отличие от Костромской области продуктивность лесных насаждений определяется в основном гидрологическим режимом. Природные особенности (гидрологический режим, рельеф, климат) территории области позволяют по зонированию почв определить продуктивность и устойчивость насаждений. Сходство карт зонирования по продуктивности темнохвойных насаждений (рис. 3-А) и их устойчивости (рис. 3-Б) подтверждает эту теорию.

Благоприятные условия произрастания для темнохвойных пород характерны для возвышенных хорошо дренированных участков, где преобладают различные виды подзолистых и серых лесных почв. На пониженных участках, которые в основном находятся на северо-востоке Томской области, наблюдаются неблагоприятные условия произрастания, в основном из-за избыточного увлажнения. При значительном выпадении осадков на плохо дренированных серых лесных почвах в понижениях рельефа происходит поверхностное

переувлажнение, которое приводит к деградации и усыханию темнохвойных насаждений.

Результаты проведенных исследований показывают неразрывную тесную связь с установленными на протяжении XX в. основами лесной типологии. Современные методы обработки информации расширяют грани возможностей анализа значительных территорий по специфике воздействия природных факторов на лесные экосистемы. Научные достижения прошлого века в лесной типологии создали фундамент для развития современной лесной науки, их значимость не утратит актуальность и в будущем.

Библиографический список

1. Мелехов, И.С. Лесная типология / И.С. Мелехов; Учеб. пособие для студентов вузов. – М., 1976. – 72 с.
2. Колесников, Б.П. О комплексном районировании лесных территорий / Б.П. Колесников // Вопросы лесоведения. Красноярск. Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1973. – Т. 2. – С. 34–45.
3. Сукачев, В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии / В.Н. Сукачев. – СПб.: Наука, 1972. – 417 с.
4. Крылов, Г.В. Лесные ресурсы и лесорастительное районирование Сибири и Дальнего Востока / Г.В. Крылов. – Новосибирск, 1962. – 240 с.
5. Орлов, М.М. Лесоустройство. Подготовка планирования лесного хозяйства / М.М. Орлов. – Л.: Госиздат, 1928.
6. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 600 с.
7. Воробьев, Д.В. Типы лесов европейской части СССР / Д.В. Воробьев. – Киев. 1953. – 502 с.
8. Морозов, Г.Ф. О типах насаждений и их значении в лесоводстве / Г.Ф. Морозов // Лесн. журн., 1904. – № 1.
9. Желдак, В.И. Лесоводственные системы / В.И. Желдак // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. № 5, 2005. – С. 119–125.
10. Моисеев, Н.А. Воспроизводство лесных ресурсов / Н.А. Моисеев. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 264 с.
11. Основные положения организации и ведения лесного хозяйства на зонально-типологической основе. – М.: ВНИИЛМ, 1991. – 13 с.
12. Побединский, А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов / А.В. Побединский. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 174 с.
13. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1978. – 319 с.
14. Калининченко, Н.П. Дубравы России / Н.П. Калининченко. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 536 с.
15. Манько, Ю.И. Усыхание ели в свете глобального ухудшения темнохвойных лесов / Ю.И. Манько, Г.А. Гладкова. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 228 с.
16. Маслов, А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М.: ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
17. Бонитировочная таблица для оценки лесных почв северной и средней подзон тайги Европейской части России. Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск, 1976. – 16 с.

OPTIONS FOR APPLYING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES
IN SOLVING PROBLEMS OF FOREST TYPOLOGY

Sidorenkov V.M., VNIILM, Ph.D. (Agricultural)⁽¹⁾; **Matafonov E.P.**, Scientific innovation center of Monitoring of Natural Environment, Ph.D. (Geological and Mineralogical)⁽²⁾; **Jafarov A.W.**, VNIILM⁽¹⁾; **Serezhkin A.V.**, Department of forest economy and statistics economic and Financial management of the Federal forestry Agency⁽³⁾

forestvniilm@yandex.ru, nicmps@yandex.ru, serezhkin.av@rosleshoz.ru

⁽¹⁾ All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry
141202, Moscow region, Pushkin district, Pushkino city, Institutskaya street, 15,

⁽²⁾ Scientific innovation center of Monitoring of Natural Environment,
143517 Moscow region, Istra district, the village Glebovsky, Sovetskaya street, house 5,

⁽³⁾ Federal Agency of forestry 115184, Moscow, Pyatnitskaya street 59/19.

The paper is aimed to link modern methods of data processing based on geoinformation analysis and typologic research over the 20-th century. Combining modern technologies and principles of forest ecosystem self-organization allows us to obtain new methods, making it possible to estimate stability and productivity of forest stands, and also the potential of natural regeneration. Earlier applied principles of forest typology allow to understand what is going on with forest ecosystems under influence of anthropogenic processes and which results on stand productivity are possible to obtain at a given plot. However, unfortunately, forest typology methodologies are not taking into account the full scale of negative changes of nature that could periodically occur during the period of stand ontogenesis. The way out from this situation is to apply modern geoinformation methods of territory analysis allowing to carry out complex evaluation of natural factors influence on potential productivity of forest stands, their stability, the peculiarities of natural regeneration of major forest forming species, taking into account relief, landscapes, soil and hydrological diversity of different plots and their typological peculiarities. The approaches to applying modern geoinformation modeling methods to evaluating the conditions of forest growth, productivity and stability of major forest forming species are shown using as an example regional zoning of three regions, covering forest-steppe and taiga zones of European part of Russia and Western Siberia.

Keywords: geoinformation technologies, forest types, productivity and stability of forest stands.

References

1. Melekhov I. S., *Lesnaya tipologiya* [Forest typology]. Moscow, 1976. 72 p.
2. Kolesnikov B.P., *O kompleksnom rayonirovanii lesnykh territoriy* [Integrated zoning of forest areas]. Krasnoyarsk. Institute of forest and wood, SB as USSR, 1973, V. 2, pp. 34-45.
3. Sukachev V.N., *Osnovy lesnoy tipologii i biogeocenologii* [Fundamentals of forest typology and the biogeocenotic]. SPb.: Science, 1972. 417 p.
4. Krylov G.V., *Lesnye resursy i lesorastitel'noe rayonirovanie Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Forest resources and forest zoning of Siberia and the Far East]. Novosibirsk, 1962. 240 p.
5. Orlov M.M., *Lesoustroystvo. Podgotovka planirovaniya lesnogo hozyaystva* [The forest management. Training forestry planning]. Leningrad: Gosizdat, 1928.
6. Tkachenko M.E., *Obshchee lesovodstvo* [Total forestry]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1952. 600 p.
7. Vorob'ev D.V., *Tipy lesov Evropeyskoy chasti SSSR* [Types of forests of the European part of the USSR]. Kiev. 1953. 502 p.
8. Morozov G.F., *O tipah nasazhdeniy i ih znachenii v lesovodstve* [About the types of plantings and their importance in forestry]. Forest magazine, 1904, № 1.
9. Zheldak V.I., *Lesovodstvennyye sistemy* [Silvicultural system]. Moscow State Forest University bulletin – Lesnoy Vestnik, № 5, 2005, pp. 119-125.
10. Moiseev N.A., *Vosproizvodstvo lesnykh resursov* [The reproduction of forest resources]. Moscow: Forest industry, 1980. 264 p.
11. *Osnovnye polozheniya organizatsii i vedeniya lesnogo hozyaystva na zonal'no-tipologicheskoy osnove* [The main provisions of the organization and forest management on the zonal-typological basis]. Moscow: VNIILM. 1991. 13 p.
12. Pobedinskiy A.V., *Vodoohrannaya i pochvozashhitnaya rol' lesov* [Water protection and soil protection role of forests]. Moscow: Forest industry, 1979. 174 p.
13. Sochava V.B., *Vvedenie v uchenie o geosistemah* [Introduction to the doctrine of geosystems]. Novosibirsk: Nauka, Sib. DEP., 1978. 319 p.
14. Kalinichenko N.P., *Dubravyy Rossii* [Russia Oakwood]. Moscow: Vniitslesresurs, 2000. 536 p.
15. Man'ko Yu.I., Gladkova G.A., *Usyhanie eli v svete global'nogo uhudsheniya temnohvoynnykh lesov* [Drying of spruce in the light of global deterioration of dark coniferous forests]. Vladivostok, 2001. 228 p.
16. Maslov A.D., *Koroed-tipograf i usyhanie elovykh lesov* [Bark beetle and drying of spruce forests]. Moscow: VNIILM, 2010. 138 p.
17. *Boniterovochnaya tablica dlya ocenki lesnykh pochv severnoy i sredney podzon taygi Evropeyskoy chasti Rossii* [Boniterovochnaya table for assessment of forest soils of northern and middle taiga sub-zones of the European part of Russia]. Arkhangelsk: Arkhangelsk Institute of forest and wood chemistry. 1976. 16 p.