

Оценка рациональных направлений развития лесной отрасли приграничных регионов российской Арктики на основе кластерного анализа

П.В. Будник¹, В.Н. Баклагин², О.Н. Галактионов¹, А.М. Крупко¹

¹Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

²Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск

Аннотация: Цель данного исследования состоит в том, чтобы представить оценку перспектив и рациональных сценариев развития лесопромышленного комплекса Республики Карелия и Мурманской области. На основе применения факторного и кластерного анализов 27 центральных лесничеств региона, исследования были разделены на 9 кластеров по 20 показателям. Выбранные показатели учитывали характеристики ресурсов древесины, природно-производственные условия и дорожную инфраструктуру. Основываясь на профилях кластеров, а также на данных топографических, климатических, почвенных карт и карт растительности, предложены сценарии развития лесопромышленного комплекса региона исследования в разрезе полученных кластеров. Результаты исследования показали, что по мере движения с юга на север происходит постепенное оскудение ресурсов древесины. Усилия государства и бизнеса должны быть направлены на решение вопросов дорожной инфраструктуры, вовлечение в производственный оборот лиственной, тонкомерной, энергетической древесины. Учитывая природно-производственные условия, определяющиеся во многом переувлажненностью лесных почв и крайней уязвимости северных экосистем, в процессе лесозаготовок особо необходимо уделять внимание минимизации негативного влияния лесозаготовительных операций на почвенный покров.

Ключевые слова: районирование, лесная отрасль, факторный анализ, кластерный анализ, метод к-средних, лесозаготовки, управление лесами.

1. Введение

В последние десятилетия геополитическое значение Арктической зоны неуклонно возрастает [1]. Это приводит к повышению внимания арктических государств к развитию своих северных территорий и решению проблем экологического управления [2]. Важными приграничными регионами Арктики Российской Федерации являются Республика Карелия и Мурманская область [3]. Это обусловлено, в первую очередь, минерально-сырьевым, древесно-сырьевым и транспортно-транзитным потенциалом. С одной стороны, ресурсы находятся в относительной близости от экономических и промышленных центров Европейской части России, а с другой стороны, регион исследования имеет выгодное транспортно-

географическое положение: приграничное положение, наличие глубоководных портов. Оба субъекта имеют лесопромышленный комплекс, включающий лесное хозяйство, лесную и деревообрабатывающую промышленность. Основой для организации региональных систем управления лесными ресурсами может служить комплексное лесозаготовительное районирование с учетом множества факторов [4]. Для многомерной классификации лесных территорий широко применяются статистические методы, например, факторный [5] и кластерный анализы [6, 7], а также методы машинного обучения, в частности кластеризация K-режимов [8].

Цель данного исследования состоит в том, чтобы представить оценку перспектив и рациональных сценариев развития лесопромышленного комплекса Республики Карелия и Мурманской области на основе многомерной классификации, учитывающей характеристики ресурсов древесины, природно-производственных условий и дорожной инфраструктуры.

2. Материалы и методы

Многомерная классификация лесных территорий проведена на уровне центральных лесничеств: для 17 центральных лесничеств Республики Карелия и 10 центральных лесничеств Мурманская область. Для классификации последовательно применялись факторный анализ (статистическая процедура, используемая для описания изменчивости коррелируемых переменных в данных путем сокращения их числа [9]), кластерный анализ (многомерная статистическая процедура, позволяющая упорядочить объекты в данных по описывающим их переменным в однородные группы [10]).

Факторный анализ использовался для устранения мультиколлинеарности и сокращения числа переменных для кластерного

анализа. Извлечение факторов осуществлялось методом главных осей. Количество факторов, характеризующих объясненную совокупную дисперсию данных, определялось по критерию Кайзера [11]. Для получения простой структуры факторов применен метод Варимакс [12].

Кластерный анализ был применен в системе координат факторов, выделенных в результате факторного анализа, для выявления сходства между центральными лесничествами. Кластерный анализ основывался на методе кластеризации k-средних [13].

Анализ данных проведен в MS Excel и программе SPSS Statistics.

Для достижения целей настоящего исследования были собраны данные, характеризующие качественные и количественные характеристики ресурсов древесины, дорожную инфраструктуру и природно-производственные условия. Источниками данных являлись документы лесного планирования субъектов (лесные планы) и лесохозяйственные регламенты центральных лесничеств. Выбор переменных обуславливался их влиянием на производительность лесозаготовительных машин и эффективность работы лесозаготовительных компаний в России [14]. Описательные статистики исходных данных представлены в таблице №1.

Таблица № 1

Описательные статистики исходных данных

Обозначение переменной	Описание	Среднее	Стандартное отклонение
1	2	3	4
R_f	Расчетная лесосека при всех видах рубок по хвойному хозяйству (ликвидный), тыс. м ³	388,61	358,88
R_d	Расчетная лесосека при всех видах рубок по мягколиственному хозяйству (ликвидный), тыс. м ³	78,59	129,26
Rcf_f	Расчетная лесосека для осуществления сплошных рубок спелых и перестойных лесных насаждений по хвойному хозяйству в эксплуатационных лесах (ликвидная), тыс. м ³	235,41	267,39

1	2	3	4
Rcf_d	Расчетная лесосека для осуществления сплошных рубок спелых и перестойных лесных насаждений по мягколиственному хозяйству в эксплуатационных лесах (ликвидная), тыс. м ³	57,07	100,88
Vp_4_5	Средний запас эксплуатационного фонда по Сосне 4-5 бонитета (сплошные рубки), м ³ /га	110	52
Vp_1_3	Средний запас эксплуатационного фонда по Сосне 1-3 бонитета (сплошные рубки), м ³ /га	141	120
Vs_4_5	Средний запас эксплуатационного фонда по Ели 4-5 бонитета (сплошные рубки), м ³ /га	115	69
Vs_1_3	Средний запас эксплуатационного фонда по Ели 1-3 бонитета (сплошные рубки), м ³ /га	118	126
Vb	Средний запас эксплуатационного фонда по Березе (сплошные рубки), м ³ /га	111	65
Va	Средний запас эксплуатационного фонда по Осине (сплошные рубки), м ³ /га	81	102
MF_f	Доля площади приспевающих хвойных древостоев (сплошные рубки) от общей площади лесничества, отведенной под сплошные рубки, %	1,6	1,8
MF_d	Доля площади приспевающих мягколиственных древостоев (сплошные рубки) от общей площади лесничества, отведенной под сплошные рубки, %	0,6	1,1
V_g	Расчетный средний запас леса (отношение запаса древесины к лесопокрытой площади), м ³ /га	92,7	49,99
P	Плотность дорог, км/тыс. га	2,6	1,5
W_h	Доля автомобильных дорог с твердым покрытием по протяженности, %	28	23
W_s	Доля автомобильных грунтовых дорог круглогодичного действия по протяженности, %	55	27
III	Доля площади лесничества с третьим классом природной пожарной опасности, %	18,9	9,0
IV	Доля площади лесничества с четвертым классом природной пожарной опасности, %	24,6	12,8
V	Доля площади лесничества с пятым классом природной пожарной опасности, %	28,3	15,1
AUF	Доля земель, покрытых лесной растительностью (лесистость), %	66	15

На основе анализа профилей кластеров, а также дополнительных сведений, полученных из топографических, климатических, почвенных карт и карт растительности, разрабатывались сценарии развития

лесопромышленного комплекса региона исследования в разрезе полученных кластеров.

3. Результаты исследования и их обсуждение

В результате применения факторного и кластерного анализа центральные лесничества Республики Карелия и Мурманской области были разделены на 9 кластерам с относительно однородными характеристиками (рис. 1). Характеристики кластеров представлены в таблицах 2 – 5.

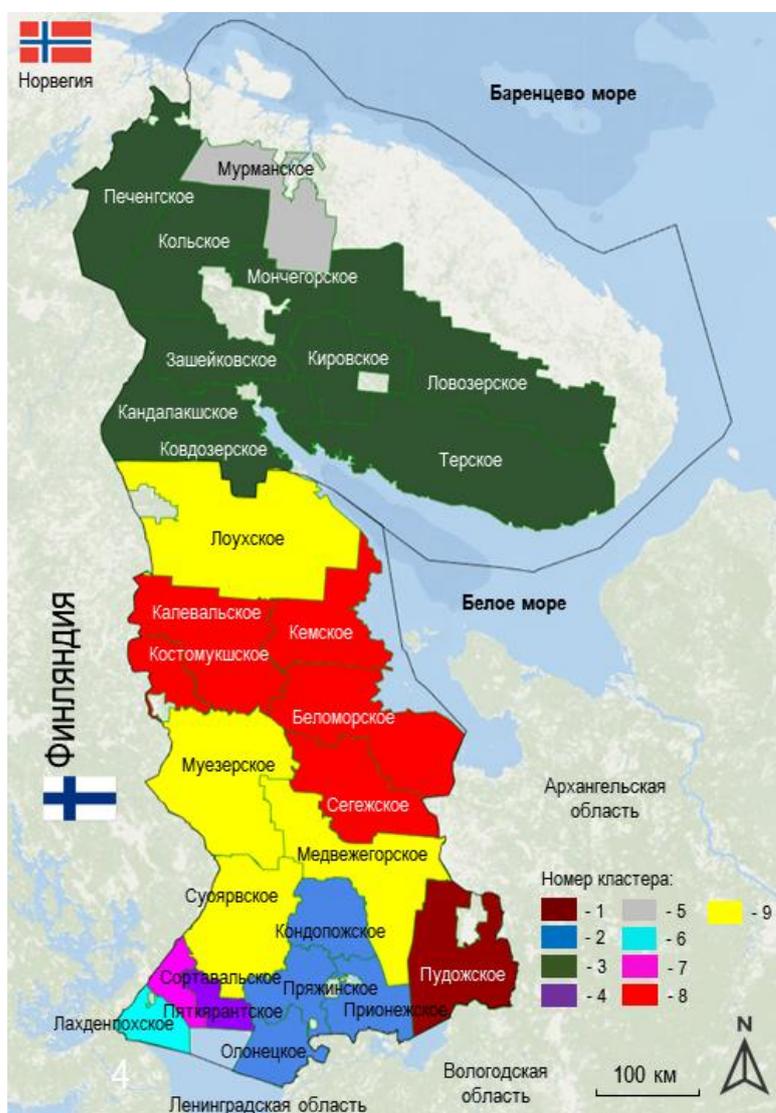


Рис. 1. – Схема кластеров центральных лесничеств региона исследования

На основании данных, полученных в ходе исследования, были разработаны общие сценарии развития для полученных кластеров.

Таблица № 2

Значения расчетной лесосеки в среднем по кластерам

Номер кластера	AUF	R _f	R _d	Rcf _f /R _f , %	Rcf _d /R _d , %	MF _f	MF _d
№ 1	80	1222,1	537,4	67	76	3,6	2,4
№ 2	81	526,3	232,4	50	67	4,2	2,1
№ 3	59	64,3	5,1	69	60	0,4	0,2
№ 4	90	360,2	51,5	0	0	0,0	0,0
№ 5	53	11,1	0,0	0	0	0,0	0,0
№ 6	86	399,6	53,1	3	16	0,3	0,2
№ 7	85	403,1	60,9	9	20	0,4	0,1
№ 8	54	342,7	14,1	66	79	1,4	0,1
№ 9	64	924,8	93,2	74	87	2,7	0,3
В среднем по региону	66	388,6	78,6	37,6	45	1,6	0,6

Таблица № 3

Средний запас леса по породам в среднем по кластерам, м³/га

Номер кластера	V _{p_4_5}	V _{p_1_3}	V _{s_4_5}	V _{s_1_3}	V _b	V _a	V _g
№ 1	151	275	179	260	194	258	132
№ 2	140	240	192	245	187	224	144
№ 3	68	0	65	0	57	0	44
№ 4	0	0	0	0	0	0	172
№ 5	0	0	0	0	0	0	37
№ 6	141	223	0	254	174	169	168
№ 7	175	278	246	263	172	0	205
№ 8	149	222	141	133	115	72	89
№ 9	145	237	154	194	152	123	93
В среднем по региону	110	141	115	118	111	81	93

Таблица № 4

Распределение доли площади центральных лесничеств по классам природной пожарной опасности в среднем по кластерам, %

Номер кластера	Доля площади 1 и 2 классов	III	IV	V
1	2	3	4	5
№ 1	20	15	41	25
№ 2	21	22	36	21
№ 3	31	15	30	24
№ 4	35	35	20	10
№ 5	13	16	38	33
№ 6	32	31	27	11

1	2	3	4	5
№ 7	19	41	27	13
№ 8	26	16	10	46
№ 9	36	16	12	36
В среднем по региону	28	19	25	28

Таблица № 5

Показатели дорожной инфраструктуры в среднем по кластерам

Номер кластера	P, км/тыс.га	W _h , %	W _s , %
№ 1	3,0	46	54
№ 2	3,2	29	68
№ 3	1,9	15	60
№ 4	7,4	26	74
№ 5	0,8	80	18
№ 6	5,6	100	0
№ 7	2,6	14	71
№ 8	2,1	32	38
№ 9	2,8	24	69
В среднем по региону	2,6	28	55

Сценарий развития кластера № 2

Наличие большого объема расчетной лесосеки позволяет рекомендовать развивать в лесничествах кластера № 2 лесозаготовки. Большие значения запаса леса на гектаре позволяют сделать предположение о преобладании крупномерной древесины, для заготовки которой целесообразно применять машины среднего или тяжелого класса. Значительная величина расчетной лесосеки для сплошных рубок также способствует использованию машин среднего и тяжелого класса.

Однако в лесничествах кластера № 2 достаточно большая доля лесов с четвертым и пятым классами природной пожарной опасности, что свойственно региону исследования в целом. Это необходимо брать во внимание при применении машин среднего и особенно тяжелого классов. При организации лесопользования следует учитывать состояние и виды грунтов, используя лесозаготовительную технику, оказывающую

минимальное воздействие на почвенный покров, и применяя технологические приемы в виде укрепления волоков порубочными остатками и снижение числа проходов по местам с высокой степенью переувлажнения.

Значительная величина расчетной лесосеки по выборочным рубкам требует внимания к их организации, так как выборочные рубки менее экономически эффективны. Поэтому будут требоваться механизмы стимулирования лесозаготовительных компаний со стороны государства, направленные на увеличение объемов выборочных рубок. Особая актуальность выборочных рубок также обусловлена наличием большого запаса лиственных пород. Срок жизни березы и осины меньше, чем ели и сосны. Когда приходит срок для рубок лиственных пород, как правило, деревья уже поражены гнилями в силу своего возраста. Это переводит лиственную древесину из класса деловой в дровяную. Выборочные рубки позволили бы заготавливать лиственную древесину до того, как она потеряет свои качественные характеристики.

Лесничества кластера № 2 располагаются на юге региона исследования. Здесь береза и осина интенсивно растут и быстро занимают территорию вырубок, замедляя развитие более ценных хвойных пород. Это требует сопровождения участков лесовосстановления на протяжении их взросления особенно в первой половине жизненного цикла. Для этого необходимо применять рубки ухода и позже выборочные.

Для лесничеств кластера № 2, как и для региона исследования в целом, характерна проблема малой площади приспевающих лесов. Вероятно, одним из решений будет увеличение объемов работ по лесовосстановлению. В ближайшей перспективе следует ожидать увеличение объемов различных рубок ухода с соответствующим снижением качества заготовленной древесины.

Особое внимание в лесничествах кластера № 2 необходимо уделить развитию дорожной сети. Хотя плотность дорог выше, чем в лесничествах, расположенных севернее, тем не менее не достаточна. Это один из факторов, осложняющих эффективное лесопользование, в частности, снижающий количество участков леса, экономически доступных к освоению, а также делающий практически невозможным освоение расчётной лесосеки по выборочным рубкам. Это также затрудняет проведение рубок ухода. В то же время, учитывая размеры расчётной лесосеки и продуктивность лесов, вложения в дорожную инфраструктуру будут экономически выгодными.

Наличие влажных и переувлажнённых грунтов в лесничествах кластера № 2 (на долю четвертого и пятого классов пожарной опасности приходится 57 %) увеличивает стоимость строительства дорог. Однако принимая во внимание высокую лесистость, продуктивность лесов, большое значение расчётной лесосеки по выборочным рубкам и рубкам ухода целесообразно увеличивать долю дорог с твёрдым покрытием.

Большое значение расчётной лесосеки по хвойному хозяйству, относительный высокий запас леса на гектаре позволяет рекомендовать развивать производство хвойных пиломатериалов, хвойной фанеры, целлюлозно-бумажной промышленности. Большие значения расчётной лесосеки по лиственным породам, а также запас леса на гектаре требует обратить внимание на развитие переработки лиственных пород деревьев. В частности, это может быть лесопильное производство, фанерное производство, плитное производство, а также химическое производство. В качестве последнего можно рекомендовать развитие производства химико-термомеханической массы. Большое количество лиственной древесины низкого качества обуславливает целесообразность развития биоэнергетики, например производств топливной щепы, а также топливных пеллет из лиственных пород или смеси хвойных и лиственных. Уровень расчётной

лесосеки по несплошным рубкам также обуславливает целесообразность развития биоэнергетики. Развитие лесопильной промышленности приведет к увеличению отходов, которые также могут быть сырьем для производства древесного топлива как продукта биоэнергетики.

Продуктивность лесов в данном кластере одна из самых высоких в регионе исследования. Поэтому, учитывая имеющуюся дорожную инфраструктуру, государством может быть принято решения для установления более высокой попенной платы, чем в лесничествах, располагающих севернее по отношению к лесничествам кластера № 2.

Сценарий развития для кластера № 3

Небольшие размеры расчетной лесосеки и значение запаса леса на гектаре не располагают к развитию высокоинтенсивных лесозаготовительных работ. Основное рекомендуемое направление освоения лесов – рекреационное. Лесничества кластера № 3 включают северные территории региона исследований, поэтому лесозаготовки должны быть основаны в первую очередь на выборочных рубках и рубках ухода. Вероятно, целесообразным окажется ведение ландшафтных рубок, повышающих эстетическую ценность лесов лесничеств кластера. При этом небольшие размеры деревьев позволяют рекомендовать использование лесозаготовительных машин легкого класса, которые также позволяют уменьшить негативное воздействие на экосистемы лесов.

Дорожную сеть следует увеличивать умеренно с учетом влияния дорог на окружающую среду и внешний вид лесного ландшафта. В тоже время плотность дорог должна обеспечивать возможность ухода за лесом, поэтому развитие дорожной инфраструктуры целесообразно осуществлять строительством сети грунтовых и зимних дорог.

Развитие интенсивной переработки древесины нерационально и не будет экономически эффективным. Развитие переработки древесины видится

только в рамках обеспечения потребностей местных производств и населения. Кроме того, переработка древесины может быть направлена на получение специфических видов продукции с характеристиками, обусловленными суровыми условиями роста деревьев, в частности высокой плотности древесины.

Сценарий развития для кластера № 8

Объем расчетной лесосеки и запас леса на гектаре в целом позволяет вести интенсивные лесозаготовки. Однако необходимо учитывать, что относительно продуктивные леса расположены не на всей территории лесничеств кластера № 8. Об этом свидетельствует невысокий средний расчетный запас леса 89 м³/га на га и лесистость 54 %. Поэтому интенсивные лесозаготовки будут территориально распределены. Выявление конкретных территорий требует проведения дополнительных исследований на уровне участковых лесничеств, кварталов и выделов. Однако по всей видимости они будут сконцентрированы в южных областях Калевальского и Костомукшского центральных лесничеств.

Наличие увлажненных и переувлажненных участков препятствует использованию тяжелой техники. Поэтому, принимая во внимание то, что показатели запаса леса на гектаре выше средних показателей по региону исследования, рекомендуется в зонах интенсивных лесозаготовок использовать машины среднего класса. В лесах с малым запасом леса на гектаре (лесничества на берегу Белого моря) по всей видимости допустимо использовать машины только легкого класса. При использовании лесозаготовительной техники особо следует уделять внимание технологическим приемам, позволяющим уменьшить негативное воздействие на лесную среду, так как на переувлажненных почвах быстро образуется колей. Кроме того, на особо влажных участках возможно рассмотрение механизированного способа заготовки с применением бензомоторных пил.

Дополнительно можно рекомендовать проведение гидромелиоративных работ, что может позволить в перспективе получить более продуктивные леса. Однако, при этом необходимо учитывать экологические аспекты данных мероприятий.

При сохранении нынешнего уровня эксплуатации лесов целесообразно увеличить плотность дорожной инфраструктуры. Причем, ввиду высокой доли территорий с застойным переувлажнением, а также относительно невысокой продуктивности лесов, необходимо развивать строительство не только дорог круглогодичного действия, но активно использовать зимние лесные дороги.

По нашему мнению, в лесничествах кластера № 8 можно развивать производство хвойных пиломатериалов, хвойной фанеры и плитного производства. Однако, учитывая размер деревьев, определяемый запасом леса на гектаре, пиловочное производство должно также включать пиление тонкомерного сырья. Кроме того, целесообразно развитие производства клееных деревянных конструкций, что позволит рационально использовать местное тонкомерное древесное сырьё. Наличие тонкомерного сырья позволяет рекомендовать также развивать целлюлозно-бумажное производство, а также биоэнергетику, в частности - производство топливных брикетов, паллетов, топливной щепы.

Сценарий развития для кластера № 9

Значительный объем расчетной лесосеки и высокие показатели среднего запаса леса в эксплуатационных лесах позволяет рекомендовать развивать в лесничествах кластера № 9 интенсивные лесозаготовки. Целесообразно применять машины среднего класса и ограниченно тяжелого класса с учётом локальных условий. Высокая доля расчетной лесосеки, приходящаяся на сплошные рубки, также способствует применению более тяжелых машин. Ограничения в применении машин тяжелого класса будут

распространяться на лесные территории пятого и четвертого класса природной пожарной опасности, на долю которых в лесничествах кластера № 9 в среднем приходится 48 %.

Следует учитывать, что в лесничествах кластера № 9, как и в лесничествах кластера № 8, продуктивные леса расположены не на всей его территории. Об этом свидетельствует невысокий средний расчетный запас леса 93 м³/га на га и уровень лесистости в 64 %. Поэтому интенсивные лесозаготовки смогут проводиться не на всей территории.

Для полноценного эффективного лесопользования в лесничествах кластера необходимо развивать дорожную инфраструктуру. Такое развитие должно включать строительство дорог как с твердым покрытием, что могло бы позволить несколько экономически скомпенсировать распределенность как продуктивных лесов по территории кластера, так и грунтовых дорог круглогодичного действия, которые позволяют увеличить число экономических доступных лесных участков. Поэтому развитию сети дорог с твердым покрытием в данном кластере должно уделяться особое внимание со стороны государства. Однако высокая доля древостоев с застойным увлажнением, по всей видимости, будет сдерживающим фактором в строительстве и содержании дорожной сети. Поэтому развитие дорожной инфраструктуры также должно предполагать обустройство и эксплуатацию зимних лесных дорог.

Лесничества кластер № 9 могут обеспечить древесным сырьем разнообразные производства, включая пиловочное, плитное, фанерное, целлюлозно-бумажное, производство продуктов биоэнергетики. Отметим, что в лесничествах данного кластера проблема переработки лиственных пород не стоит так остро как в лесничествах кластера № 2, так как расчетная лесосека по лиственному хозяйству сравнительно небольшая, тем не менее

требует своего внимания, по тем же причинам, что и в лесничествах кластера № 2.

Сценарий развития для кластера № 1

Для лесничества кластера № 1 можно дать те же рекомендации, что и для лесничеств кластера № 2. Однако необходимо учитывать, что для лесничества кластера № 1 все проблемы, связанные в первую очередь с лиственной древесиной, более остры. Величина расчётной лесосеки вполне способна обеспечить сырьем несколько лесоперерабатывающих предприятий.

Сценарий развития для кластера № 4

Особенность лесничества кластера № 3 является отсутствие лесов, отведенных под сплошные рубки. Все леса относятся к защитным. Поэтому организация лесозаготовок в совокупности с небольшой расчетной лесосекой будет развиваться в сторону увеличения выборочных рубок. Грунты лесов лесничества данного кластера позволяют использовать тяжелую лесозаготовительную технику, однако вид допустимых рубок будет ограничением ее использования. Для сохранения потенциала лесов и минимизации воздействия на древостой следует рассмотреть возможности использования более легкой и малоразмерной лесозаготовительной техники.

Хотя лесничество кластера № 4 имеет самую большую плотность дорог, в разы превышающую среднее значение по региону исследования, тем не менее характер лесозаготовок, основанный на выборочных рубках, для эффективного лесопользования потребует дополнительного развития дорожной сети. При этом, учитывая более сухую местность, можно рекомендовать развитие сети грунтовых дорог круглогодичного действия.

В целом целесообразно развивать многоцелевое лесопользование, в частности, рекреационное. Однако, необходимо учитывать, что высокая плотность дорожной сети, совместно с увеличением туристического потока и

высокой долей лесов 1-2 класса пожарной природной опасности, потребует принятия дополнительных мер по пожарной охране лесов кластера.

В лесничестве кластера № 4 можно развивать различные деревообрабатывающие и деревоперерабатывающие предприятия. Можно дать сходные рекомендации с лесничествами кластера № 2. Однако, учитывая разрешенные виды рубок и сравнительно небольшую расчетную лесосеку, крупные предприятия будут испытывать затруднения в качестве и количестве древесных ресурсов, поступающих из местных лесов. Поэтому потребуются поставки древесины из соседних кластеров. На наш взгляд более рационально использовать древесину, заготовленную в лесничестве кластера № 4, как поставщика сырья на территорию других лесничеств региона исследования, а местную переработку организовывать в виде небольших предприятий, преимущественно ориентированных на удовлетворение спроса со стороны местных потребителей.

Сценарий развития для кластера № 7

Для кластера № 7 можно дать те же рекомендации, что и для кластера № 4. Однако здесь особое внимание требуется уделить развитию дорожной инфраструктуры. Учитывая то, что расчетная лесосека рассчитана на проведение преимущественно выборочных рубок, без повышения плотности дорог эффективное лесопользование, направленное на освоение ресурсов древесины, будет затруднительно. Значительная часть лесов будет находиться в категории экономически недоступных для заготовки и ухода.

Развитие деревообрабатывающей и деревоперерабатывающей промышленности в виде крупных предприятий, по всей видимости, будет требовать поступления сырья из соседних лесничеств кластеров № 4 и 6. Древесные ресурсы лесничеств кластера №7 могут использоваться в качестве сырья, например, для предприятий, располагающихся на территории кластера № 4, где так же, как и в кластере № 7, наблюдается нехватка

местного сырья. В тоже время высокие запасы древесины на гектаре в лесничествах кластера № 7 и в кластере № 4 позволяют заключить, что даже выборочные рубки позволят заготавливать значительное количество древесины.

Сценарий развития для кластера № 6

Как мы уже отметили, лесничества кластеров № 4, 6, 7 очень похожи между собой, но каждое из них имеет определенные отличия. Поэтому в общем для лесничества кластера № 6 можно дать те же рекомендации, что и для кластера № 4. Однако его специфическое приграничное положение к Ленинградской области, где имеются крупные предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, смещает акцент на развитие лесничеств кластера, как поставщика ресурсов древесины. Этому способствуют и большое количество дорог с твердым покрытием, по которым автопоездами древесина может быть быстро доставлена к месту переработки.

Сценарий развития для кластера № 5

Небольшое значение расчетной лесосеки, небольшой запас леса на гектаре обуславливает низкий объем лесозаготовок. Мы не ожидаем, что здесь в дальнейшем лесозаготовки получат развитие. Крупномасштабная заготовка и переработка древесины нерациональна, а скорее всего, и невозможна. Малая плотность дорого также не способствует проведению лесозаготовительных работ.

Местные природно-производственные условия не позволяют использовать лесозаготовительную технику среднего и тяжелого класса. Учитывая длительные сроки восстановления лесов и лесной среды в целом, в условиях лесничества кластера № 5, рекомендуется использовать малоразмерную лесозаготовительную технику, оказывающую минимальное воздействие на древостой и почву.

По нашему мнению, лесопользование в лесничестве кластера № 5, так же, как и в лесничествах кластера № 3 должно быть связано в первую очередь не с заготовкой древесины. Пересеченный рельеф, редколесье, обеспечивают многоплановость ландшафтов и их общую выразительность. Эстетические свойства приводных ландшафтов могут быть усилены путем ведения ландшафтных рубок, а сами леса целесообразно использовать в направлениях деятельности, где рекреационные свойства наиболее востребованы: экотуризм, сафари, организация заповедников и т.п. Этому способствует наличие столицы области, портового города Мурманска, как фактора способного обеспечить размещение туристов.

Мурманский порт в будущем может играть ключевую роль для поставок продукции из древесины, произведенной в регионе исследования, на внешние рынки, так как является составляющей северного морского пути. В то же время лесничества кластеров № 3 и 5, по всей видимости, в будущем не способны обеспечить ни сырьем, ни продукцией из древесины. Поэтому она должна доставляться из южных частей региона исследования. Так как сложно обеспечить на такое расстояние экономическую эффективность транспортировки автомобильным транспортом, потребуется развитие сети железных дорог.

4. Заключение

В данном исследовании по 20 переменным, характеризующим ресурсы древесины, природно-производственные условия и имеющуюся инфраструктуру, классифицированы центральные лесничества двух северных приграничных регионов России: Республики Карелия и Мурманской области. Для классификации были применены факторный и кластерный анализ. Результаты исследования показали, что в регионе исследования выделяются четыре крупных кластера №2, №3, №8, №9, объединяющих от 4 до 9 центральных лесничеств, и пять кластеров, каждый из которых состоит из

одного центрального лесничества №1, №4, №5, №6, №7. Были проанализированы сходства и различия центральных лесничеств и на этой основе даны направления развития лесопромышленного комплекса региона исследования. Результаты подтвердили, что по мере движения с юга на север происходит постепенное оскудение ресурсов древесины, а центральные лесничества в регионе исследования имеют отличия в лесоэксплуатационных условиях, которые необходимо учитывать при развитии лесной отрасли. Усилия государства и бизнеса должны быть направлены на решение вопросов дорожной инфраструктуры, вовлечение в производственный оборот лиственной, тонкомерной, энергетической древесины в регионе исследования. Учитывая природно-производственные условия, определяющиеся во многом переувлажненностью лесных почв и крайней уязвимости северных экосистем, в исследуемом регионе в процессе лесозаготовок особо необходимо уделять внимание минимизации негативного влияния лесозаготовительных операций на почвенный покров.

Результаты работы подтверждают актуальность для будущих исследований перспективности применения статистических методов в вопросах управления и принятия решений в лесной отрасли. Расширение перечня переменных, характеризующих лесную индустрию, и проведение анализа на более низких уровнях, таких, как квартал или выдел, поможет специалистам, государственным органам и частному бизнесу повысить качество управления лесным хозяйством и планирования освоения и переработки ресурсов древесины.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00143, rscf.ru/project/23-21-00143/.

Литература

1. Рудаков М. Н. Природные ресурсы Арктики и экономические интересы Финляндии // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2410.
 2. Hartwell, C. A. In our (frozen) backyard: the Eurasian Union and regional environmental governance in the Arctic // *Climatic Change*. 2023. № 176:45. URL: doi.org/10.1007/s10584-023-03491-7.
 3. Крупко Н. С. Некоторые аспекты кластеризации экономики Республики Карелия // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2253.
 4. Хлюстов В. К., Ганихин, А. М., Короткая С. В. Ресурсно-экологическое районирование лесов Нижегородской области // *Природообустройство*. 2021. №3. С. 128-136. URL: doi.org/10.26897/1997-6011-2021-3-128-136.
 5. Liubachyna, A.; Bubbico, A.; Secco, L.; Pettenella, D. Management Goals and Performance: Clustering State Forest Management Organizations in Europe with Multivariate Statistics // *Forests* 2017. № 8:504. URL: doi.org/10.3390/f8120504.
 6. Meira Castro, A.C.; Nunes, A.; Sousa, A.; Lourenço, L. Mapping the Causes of Forest Fires in Portugal by Clustering Analysis // *Geosciences* 2020. № 10:53. URL: doi.org/10.3390/geosciences10020053.
 7. Parente, J.; Pereira, M.G.; Tonini, M. Space-time clustering analysis of wildfires: The influence of dataset characteristics, fire prevention policy decisions, weather and climate // *Sci. Total Environ.* 2016, № 559, pp. 151–165. URL: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.129.
 8. Tutmez, B., Ozdogan, M.G. & Boran, A. Mapping forest fires by nonparametric clustering analysis. // *J. For. Res.* 2018. № 29. pp. 177–185. URL: doi.org/10.1007/s11676-017-0417-4.
-

9. Schreiber J. B. Issues and recommendations for exploratory factor analysis and principal component analysis // Research in Social and Administrative Pharmacy. 2021. №17(5). pp. 1004-1011. URL: doi.org/10.1016/j.sapharm.2020.07.027.
10. Jaeger A., Banks D. Cluster analysis: A modern statistical review // WIREs Computational Statistics. 2023. №15(3). URL: doi.org/10.1002/wics.1597.
11. Kaiser H. F. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis // Educational and Psychological Measurement. 1960. №20(1). С. 141–151. URL: doi.org/10.1177/001316446002000116.
12. Kaiser, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis // Psychometrika. 1958. № 23. С. 187–200. URL: doi.org/10.1007/BF02289233.
13. Coates, A., Ng, A.Y. Learning Feature Representations with K-Means. / A. Coates, A.Y. Ng. Neural Networks: Tricks of the Trade. Lecture Notes in Computer Science. 2012. Springer, Berlin, Heidelberg. С. 561-580. URL: doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_30.
14. Шегельман И. Р., Будник П. В., Баклагин В. Н. Сравнительный анализ средних эксплуатационных характеристик древостоев регионов Северного экономического района // Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4815.

References

1. Rudakov M. N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2410. 2.
 2. Hartwell, C. A. Climatic Change. 2023. № 176:45. URL: doi.org/10.1007/s10584-023-03491-7. 3.
 3. Krupko N. S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2253.
-



4. Khlyustov V. K., Ganikhin, A. M., Korotkaya S. V. Prirodoobustroystvo. 2021. №3. pp. 128-136. URL: doi.org/10.26897/1997-6011-2021-3-128-136. 5.
5. Liubachyna, A.; Bubbico, A.; Secco, L.; Pettenella, D. Forests, 2017. № 8:504. URL: doi.org/10.3390/f8120504.
6. Meira Castro, A.C.; Nunes, A.; Sousa, A.; Lourenço, L. Geosciences, 2020. № 10:53. URL: doi.org/10.3390/geosciences10020053.
7. Parente, J.; Pereira, M.G.; Tonini, M. Sci. Total Environ. 2016, № 559, pp. 151–165. URL: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.129.
8. Tutmez, B., Ozdogan, M.G. & Boran, A. J. For. Res. 2018. № 29. pp. 177–185. URL: doi.org/10.1007/s11676-017-0417-4.
9. Schreiber J. B. Research in Social and Administrative Pharmacy. 2021. №17 (5). pp. 1004-1011. URL: doi.org/10.1016/j.sapharm.2020.07.027.
10. Jaeger A., Banks D. WIREs Computational Statistics. 2023. №15 (3). URL: doi.org/10.1002/wics.1597.
11. Kaiser H. F. Educational and Psychological Measurement. 1960. №20 (1). pp. 141–151. URL: doi.org/10.1177/001316446002000116.
12. Kaiser, H. F. Psychometrika. 1958. № 23. pp. 187–200. URL: doi.org/10.1007/BF02289233.
13. Coates, A., Ng, A.Y. Learning Feature Representations with K-Means. / A. Coates, A.Y. Ng. Neural Networks: Tricks of the Trade. Lecture Notes in Computer Science. 2012. Springer, Berlin, Heidelberg. S. 561-580. URL: doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_30.
14. Shegel'man I. R., Budnik P. V., Baklagin V. N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4815.