

Проект ПРООН «Разработка интегрированных подходов к управлению водно-болотными угодьями с учетом принципа многоцелевого ландшафтного планирования с целью получения многосторонних экологических выгод» № 82884

## **ОТЧЕТ**

**по теме: «Составление углеродного баланса лесов Республики Беларусь на основании значений коэффициентов выбросов/поглощения диоксида углерода от надземной фитомассы, подготовка прогноза увеличения поглощения выбросов парниковых газов лесами до 2030 и до 2050 годов, подготовка перечня мероприятий по увеличению поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве»**

Подготовлен  
экспертами проекта  
Шатравко А.В.  
Крискевич Е.Л.

Минск 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I. Данные о динамике показателей лесного фонда Республики Беларусь, характеризующие площади покрытых лесом земель и общие запасы древесины по породам и группам возраста	5
II. Обоснование и предложения по установлению (использованию) значений коэффициентов выбросов/поглощения диоксида углерода от надземной фитомассы (стволовая древесина, сучья, ветви, листья, хвоя, подрост и подлесок, живой напочвенный покров), подземной фитомассы, валежа, сухостоя, лесной подстилки	17
III. Оценка состояния лесных насаждений (продуктивность, прирост, запас) с учетом способности увеличения поглощения диоксида углерода	25
IV. Углеродный баланс лесов Республики Беларусь	37
V. Прогноз увеличения поглощения выбросов парниковых газов лесами до 2030 и до 2050 годов	41
VI. Перечень мероприятий по увеличению поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	64

## ВВЕДЕНИЕ

Лес – один из немногих природных ресурсов, к тому же возобновляемых. Запасы древесины в лесах Беларуси позволяют рассматривать лесную отрасль как ресурсообеспеченную, способную внести весомый вклад в экономику нашей страны. К тому же сегодня в отношении общества к лесу помимо его ресурсной роли важную, если не доминирующую, функцию начинает играть глобальная и социальная сущность лесов, лес становится гарантом здоровой жизненной среды для человека и других живых организмов на Земле.

Продолжением Киотского протокола Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) стало Парижское соглашение, принятое в 2015 г., вступившее в силу в ноябре 2016 г. В рамках соглашения Республика Беларусь приняла на себя следующие обязательства:

1. Сократить выбросы парниковых газов к 2030 году не менее чем на 28% к уровню 1990 года (НСУР до 2030 года – не менее 15%) без учета выбросов и стоков парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство». *(по Киотскому протоколу – 8% к 2020 году);*

2. До 2020 года рассмотреть вопрос об учете выбросов и стоков парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» для включения в свои обязательства;

3. Увеличить лесистость территории республики к 2030 году до 41% (НСУР до 2030 года – 41%) и провести экологическую реабилитацию не менее 10 тысяч гектар нарушенных болот;

4. Обеспечить площадь особо охраняемых природных территорий в 2020-2030 годах не менее 8,8% от территории страны (НСУР до 2030 года – не менее 8,3%).

Обязательство о сокращении выбросов парниковых газов принято при условии максимально возможного учета способности лесов связывать и накапливать атмосферный углерод. Выдвинутое условие выполнения добровольных обязательств требует взвешенной оценки углерододепонирующего потенциала лесов.

Парижское соглашение предоставляет странам возможность самостоятельно определять национальные вклады и декларирует поддержку действий по сохранению, устойчивому управлению лесами, увеличению накопления углерода, подтверждая важность стимулирования неуглеродных выгод (статья 5 Парижского соглашения). В контексте Парижского соглашения проблема объективного и полного учета стоков углерода и

углеродного бюджета лесов приобретает первостепенное значение.

Для выполнения обязательств по увеличению поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве до 2030 года необходимо обеспечить решение следующих вопросов:

а) повысить продуктивность лесов, увеличив средний запас насаждений до 220 м<sup>3</sup>/га к 2030 году;

б) максимально увеличить лесистость территории страны;

в) оптимизировать возрастную и породную структуру лесов.

Статьей 5 Парижского соглашения, пунктом 54 решения 1/СР.21, признается важность адекватных и предсказуемых финансовых ресурсов, в том числе для основанных на результатах выплат, в соответствующих случаях, для применения политических подходов и позитивных стимулов в целях сокращения выбросов в результате обезлесения и деградации лесов и повышения роли сохранения лесов, устойчивого управления лесами, увеличения накоплений углерода в лесах и альтернативных стратегических подходов. При этом указанные меры будут широко финансироваться из различных международных источников, таких как Боннский Вызов, Инвестиционная программа по лесам Климатического инвестиционного фонда.

Согласно пунктам 1, 19 статьи 4 Парижского соглашения и пункту 35 решения 1/СР.21 Сторонам необходимо (при возможности одновременно с предоставлением обязательств) предоставить Стратегии долгосрочного развития с низким уровнем выбросов парниковых газов, основной целью которых является достижение сбалансированности между антропогенными выбросами из источников и абсорбцией поглотителями парниковых газов.

В целях отработки вопросов углерододепонирующего потенциала лесов республики в данной работе будет подготовлен прогноз поглощения выбросов парниковых газов лесами до 2030 и до 2050 годов на основании проведённого анализа изменений в лесном фонде произошедших за последние годы с оценкой их влияния на выбросы/поглощения диоксида углерода и составлен углеродный баланс лесов Республики Беларусь на основании значений коэффициентов выбросов/поглощения диоксида углерода от надземной фитомассы по состоянию на начало 2017 года.

## **I. Данные о динамике показателей лесного фонда Республики Беларусь, характеризующие площади покрытых лесом земель и общие запасы древесины по породам и группам возраста**

Статья 1 Лесного кодекса Республики Беларусь от 24 декабря 2015 г. (далее – Лесной кодекс) дает определение лесу, как совокупности древесно-кустарниковой растительности, живого почвенного покрова, диких животных и микроорганизмов, образующая природный комплекс [1].

Лес – один из важнейших природных ресурсов Беларуси. Располагаясь в центре Европы, леса Беларуси сегодня представляют не только ресурсный потенциал, играющий важную роль в обеспечении потребностей государства в разнообразной продукции, но и обеспечивающий нормальную среду для жизни людей, а также выполняющий важные эколого-природоохранные функции и решающие проблему сохранения биологического и генетического разнообразия не только Беларуси, но и в значительной степени всей Европы. Сегодня главная задача многоцелевого использования лесов республики состоит в сбалансированном подходе к использованию материальных и так называемых «невесомых полезностей» леса.

Лесной кодекс включает в понятие лесного фонда земли, на которых произрастают леса, а также земли, не покрытые лесом (лесные и нелесные земли). Границы лесного фонда определяются путем отграничения земель лесного фонда от земель иных категорий в порядке, определенном нормативными актами Республики Беларусь (ст. 4 Лесного кодекса) [1].

В состав лесного фонда не входит древесно-кустарниковая растительность, произрастающая:

- на землях сельскохозяйственного назначения;
- в границах населенных пунктов (за исключением городских лесов), садоводческих товариществ, дачных кооперативов;
- на землях промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения;
- на землях оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения;
- на землях водного фонда;
- на землях запаса;
- в границах придорожных полос (контролируемых зон) автомобильных дорог, за исключением древесно-кустарниковой растительности, произрастающей в границах земель лесного фонда и земель природоохранного назначения.

Земли лесного фонда выполняют важные экономические и экологические функции. Они являются главным средством производства в лесном хозяйстве, позволяют воспроизводить как лесные, так и иные

ресурсы, поддерживают экологический баланс, служат резервом для расширения хозяйственной деятельности, непосредственно не связанной с использованием лесов (сельского хозяйства, транспорта и других отраслей).

Общая площадь земель лесного фонда Республики Беларусь на 01.01.2017 г. составляет более 9,5 миллиона гектаров, 45% от всей территории республики. На одного жителя республики приходится 1,0 га общей площади лесного фонда, в том числе более 0,87 га покрытых лесом земель (в 1994 г. данный показатель составлял 0,71 га/чел.) и более 186 м<sup>3</sup> древесного запаса, что в 2 раза выше средневропейского уровня.

В последние годы наблюдается положительная динамика в изменениях показателей лесного фонда. Большинство показателей улучшается: увеличивается общая площадь лесного фонда, площадь покрытых лесом земель, общий запас насаждений, средний запас насаждений на 1 га. Ниже приводится детальный анализ изменений показателей лесного фонда за последние два десятилетия [2, 3, 4, 5, 6].

**Таблица 1 – Динамика лесного фонда и лесных ресурсов Беларуси**

Год учета	Площадь лесного фонда, тыс. га / %				Лесистость, %	Запас, млн. м <sup>3</sup> / %	
	общая	в том числе				общий	в т.ч. спелых и перестойных
		лесная	покрытые лесом земли	из них спелых и перестойных			
1994	8676,1	7775,9	7370,3	350,1	35,5	1093,2	74,5
	100,0	89,6	84,9	4,7			6,8
2001	9247,5	8269,3	7844,9	622,7	37,8	1339,3	137,0
	100,0	89,5	84,8	6,7			9,8
2006	9394,2	8458,4	7857,2	708,8	37,9	1437,9	163,7
	100,0	90,0	83,6	9,0			11,4
2008	9385,6	8532,0	7914,3	743,7	38,1	1498,1	177,5
	100,0	90,9	84,3	9,4			11,8
2010	9416,6	8598,2	8002,4	804,4	38,5	1566,1	196,7
	100,0	91,3	85,0	10,1			12,6
2011	9432,7	8624,9	8046,0	863,7	38,8	1598,2	213,8
	100,0	91,4	85,3	10,7			13,4
2012	9455,1	8612,1	8087,6	890,3	39,0	1635,6	221,9
	100,0	91,1	85,5	11,0			13,6
2017	9565,8	8709,6	8259,4	1121,6	39,8	1772,5	296,0
	100,0	91,0	86,3	13,6			16,7

Увеличение общего запаса древесины на корню с 1994 г. по 2017 г. составило 679,3 млн. м<sup>3</sup>, из них запас спелых насаждений вырос на 221,5 млн. м<sup>3</sup>, и произошло это, в основном, за счет естественного роста древостоев. Лесистость увеличилась на 4,3% и составила 39,8%. За данный период лесистость увеличивалась в среднем на 0,19 процентных пунктов за год. Наименьшая лесистость территории Беларуси наблюдалась в послевоенные годы (1945 г. – 21,5%) и с тех пор данный показатель постоянно растет.

Общая площадь лесного фонда Республики Беларусь с 1994 года по 2017 год увеличилась на 889,7 тыс. га или на 10,3%. Площадь лесных и покрытых лесом земель увеличилась соответственно на 933,7 тыс. га и 889,1 тыс. га за счет приемки лесов и земель от сельскохозяйственных организаций и проведенных лесохозяйственных мероприятий.

**Таблица 2 – Динамика возрастной структуры древостоев**

тыс. га / тыс. м<sup>3</sup>

Год учета	Группы возраста				Всего
	молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные	
Основные лесообразующие породы					
1.01.1994	2702,8	3270,6	1046,8	350,1	7370,3
	217,03	579,75	221,95	74,5	1093,23
1.01.2001	2078,6	3524,4	1492,8	575,2	7671,0
	169,24	686,32	346,12	136,04	1337,72
1.01.2004	1917,2	3557,5	1607,7	681,8	7764,2
	154,51	695,31	369,94	162,65	1382,41
1.01.2005	1839,2	3828,0	1458,0	637,9	7763,1
	147,90	765,41	345,24	155,21	1413,75
1.01.2006	1762,7	3917,0	1465,1	664,7	7809,5
	132,75	790,06	351,32	162,84	1436,97
1.01.2007	1685,2	3978,8	1493,9	686,1	7844,0
	127,82	808,84	360,66	169,06	1466,38
1.01.2008	1697,7	3945,2	1527,8	743,7	7914,3
	130,41	815,82	374,41	177,46	1498,1
1.01.2009	1677,8	3926,5	1569,5	746,3	7920,1
	128,93	826,28	391,67	187,93	1534,81
1.01.2010	1656,3	3926,9	1611,7	769,7	7964,6
	127,48	836,72	405,22	196,08	1565,5
1.01.2011	1623,6	3894,3	1664,4	863,7	8046,0
	123,83	839,38	421,14	213,83	1598,18

Продолжение таблицы 2

1.01.2012	1594,8	3878,6	1722,2	854,4	8050,0
	120,6	848,9	444,1	221,2	1634,8
1.01.2017	1498,8	3658,2	1980,8	1121,6	8259,4
	108,3	826,9	541,4	296,0	1772,5
Числитель – площадь, тыс. га;					
Знаменатель – общий запас, млн. м <sup>3</sup>					

В формировании возрастной структуры лесов республики сохраняются отрицательные тенденции последнего времени (таблица 2, 3). Не оптимизируется возрастная структура лесов. Оптимальная возрастная структура имеет следующие показатели: молодняки – 35 %, средневозрастные – 29 %, приспевающие – 18 %, спелые и перестойные – 18 %. Так продолжается уменьшение площади молодняков, которая за период с 1994 по 2017 годы уменьшилась на 1204,0 тыс. га или на 80,3% к уровню 1994 г, и увеличение площади средневозрастных насаждений на 387,6 тыс. га, или 10,6 % к площади средневозрастных насаждений. Хотя следует отметить, что темпы роста площади средневозрастных насаждений замедлились. В целом площадь древостоев за данный период увеличилась на 889,1 тыс. га, а запасы насаждений возросли на 679,3 млн.м<sup>3</sup>.

В настоящее время возрастная структура лесов с точки зрения экономической эффективности и сбалансированности лесопользования не является оптимальной, что препятствует увеличению объемов заготовки древесины. По состоянию на 01.01.2017 г. преобладают средневозрастные насаждения, площадь которых составляет 3658,2 тыс. га или 44,3% от общей лесопокрытой площади (рисунок 1).

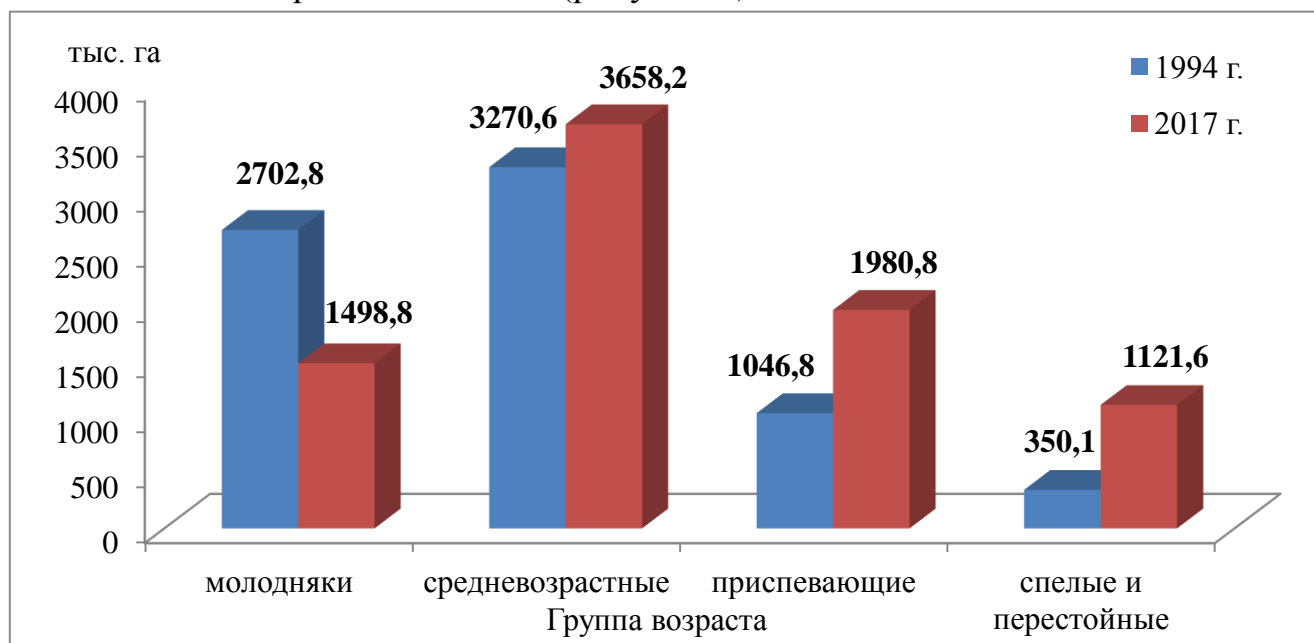


Рисунок 1 – Распределение лесопокрытой площади по группам возраста



Выравнивание возрастной структуры лесов – сложный и длительный процесс, который требует проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий и регулирования размера рубок главного пользования (оптимальная возрастная структура лесов: молодняки – 35 %, средневозрастные – 29 %, приспевающие – 18 %, спелые и перестойные – 18 %).

**Таблица 3 – Динамика возрастной структуры древостоев (в %)**

Год учета	Площадь и общий запас основных лесобразующих пород, %				Всего
	Группы возраста				
	молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные	
Основные лесобразующие породы					
1.01.1994	36,67	44,38	14,20	4,75	100,00
	19,85	53,03	20,30	6,81	100,00
1.01.2001	27,08	45,96	19,46	7,50	100,00
	12,65	51,31	25,87	10,17	100,00
1.01.2004	24,69	45,82	20,71	8,78	100,00
	11,18	50,30	26,76	11,76	100,00
1.01.2005	23,69	49,31	18,78	8,22	100,00
	10,45	54,15	24,42	10,98	100,00
1.01.2006	22,57	50,16	18,76	8,51	100,00
	9,24	54,98	24,45	11,33	100,00
1.01.2007	21,48	50,72	19,05	8,75	100,00
	8,72	55,15	24,60	11,53	100,00
1.01.2008	21,45	49,85	19,30	9,40	100,00
	8,71	54,46	24,99	11,85	100,00
1.01.2009	21,18	49,58	19,82	9,42	100,00
	8,40	53,84	25,52	12,24	100,00
1.01.2010	20,80	49,30	20,24	9,66	100,00
	8,14	53,45	25,88	12,53	100,00
1.01.2011	20,17	48,41	20,69	10,73	100,00
	7,75	52,52	26,35	13,38	100,00
1.01.2012	19,81	48,18	21,39	10,62	100,00
	7,38	51,92	27,17	13,53	100,00
1.01.2017	18,15	44,29	23,98	13,58	100,00
	6,11	46,65	30,54	16,70	100,00
Числитель – площадь %					
Знаменатель – общий запас %					

Следует констатировать отсутствие целенаправленной лесохозяйственной деятельности по продвижению к оптимальной возрастной структуре. Движение происходит только за счет естественных процессов роста насаждений и нет активного (целенаправленного) влияния на площадь молодняков и средневозрастных насаждений. Для выравнивания возрастной структуры необходимо площадь: молодняков увеличить на 1392 тыс. га; средневозрастных насаждений уменьшить на 1263 тыс. га; приспевающих уменьшить на 494 тыс. га; и спелых увеличить на 365 тыс. га. И если часть приспевающих насаждений, за счет естественных процессов роста, перейдет в спелые и увеличит площадь спелых насаждений, то при не принятии кардинальных мер площадь молодняков будет уменьшаться (воспроизводство лесов ежегодно проводится на площади около 30 тыс. га), средневозрастные насаждения будут оставаться на прежнем уровне (за счет молодняков) и частично переходить в приспевающие и таким образом увеличивать их площадь.

Продолжается отрицательная тенденция по уменьшению удельного веса молодняков до 18,15% и ускорилось уменьшение средневозрастных насаждений, достигнув 44,29% к общей площади лесопокрытых лесом земель. К положительным моментам следует отнести увеличение доли в площади лесов приспевающих и спелых древостоев до 23,98% и 13,58% соответственно. Динамика основных показателей лесного фонда Беларуси приведена в таблице 4.

Произошедшие за последние два десятилетия изменения в лесном фонде республики характеризуются следующими данными:

- лесопокрытая площадь увеличилась на 889,1 тыс. га с 7370,3 тыс. га до 8259,4 тыс. га;
- лесистость достигла 39,8 % увеличившись с 35,5%;
- общий запас насаждений возрос с 1093,23 млн. куб. метров на 679,27 млн. куб. метров (или на 62,1%), достигнув 1772,5 млн. куб. метров;
- запасы спелых и перестойных насаждений увеличились с 74,50 млн. куб. метров до 296,0 млн. куб. метров;
- запасы хвойных насаждений возросли с 767,73 млн. куб. метров до 1182,3 млн. куб. метров;
- твердолиственных с 38,98 млн. куб. метров до 59,5 млн. куб. метров;
- мягколиственные с 285,23 млн. куб. метров до 529,8 млн. куб. метров;
- общее среднее изменение запаса с 24,96 млн. куб. метров возросло до 37,6 млн. куб. метров, увеличившись на 12,64 млн. куб. метров;
- средний возраст насаждений увеличился с 44 до 55 лет.

**Таблица 4 – Динамика основных показателей лесного фонда Республики Беларусь**

Показатели	Ед. изм.	Год учета					
		1.01.1994	1.01.2001	1.01.2006	1.01.2010	1.01.2012	1.01.2017
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Общая площадь земель лесного фонда	тыс. га	8676,1	9247,5	9394,2	9416,6	9455,1	9565,8
1.1 Лесные земли	тыс. га	7775,9	8269,3	8458,4	8598,2	8612,1	8709,6
	%	89,6	89,4	90,0	91,3	91,1	91,0
1.2 Покрытые лесом земли – всего	тыс. га	7370,3	7844,9	7857,2	8002,4	8087,6	8259,4
	%	85,0	84,9	83,6	85,0	85,5	86,3
из них: возможные для эксплуатации	тыс. га	5965,7	6350,3	6384,0	6441,2	6502,3	6575,7
	%	80,9	80,9	81,3	80,5	80,4	79,6
спелые и перестойные	тыс. га	350,1	623,0	708,8	804,4	890,3	1121,6
	%	4,7	7,9	9,0	10,1	11,0	13,6
2 Лесистость	%	35,5	37,8	37,9	38,5	39,0	39,8
3 Леса 1 группы	тыс. га	3637,0	4600,9	4844,3	4823,7	4872,9	4875,1
	%	41,9	49,8	51,6	51,2	51,5	51,0
4 Общий запас насаждений	млн. м <sup>3</sup>	1093,23	1339,3	1437,9	1566,1	1635,6	1772,5
в том числе: возможные для эксплуатации	млн. м <sup>3</sup>	–	1093,0	1173,5	1275,6	1332,1	1439,0
	%	–	81,6	81,6	81,5	81,4	81,2
4.1 Спелые и перестойные	млн. м <sup>3</sup>	74,50	137,0	163,7	196,7	221,9	296,0
	%	6,8	10,2	11,4	12,6	13,6	16,7
4.2 Хвойные - всего	млн. м <sup>3</sup>	767,73	906,37	955,9	1046,6	1092,9	1182,3
	%	70,3	67,6	66,5	66,8	66,8	66,7
их них: спелые и перестойные	млн. м <sup>3</sup>	37,10	63,17	73,2	91,8	104,8	148,2
	%	4,8	7,0	7,7	8,8	9,6	12,5
4.3 Твердолиственные - всего	млн. м <sup>3</sup>	38,98	51,14	53,3	55,6	57,2	59,5
	%	3,6	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
их них: спелые и перестойные	млн. м <sup>3</sup>	5,75	9,34	10,2	11,1	11,1	13,3
	%	14,8	18,3	19,1	20,0	19,4	22,4
4.4 Мягколиственные - всего	млн. м <sup>3</sup>	285,23	379,41	427,8	463,2	484,7	529,8
	%	26,1	28,3	29,8	29,6	29,6	29,9
их них: спелые и перестойные	млн. м <sup>3</sup>	31,47	63,54	79,5	93,2	105,2	133,6
	%	11,0	16,7	18,6	20,1	21,7	25,2
5 Общее среднее изменение запаса	млн. м <sup>3</sup>	24,96	28,16	28,3	30,2	31,4	37,6
6 Средний запас	м <sup>3</sup> /га	148	171	183	196	202	215

насаждений							
6.1 Приспевающих	м <sup>3</sup> /га	212	231	240	251	258	273
6.2 Спелых и перестойных	м <sup>3</sup> /га	213	220	231	244	259	264
7 Средний возраст	лет	44	48	51	52	53	55
8 Среднее изменение запаса на 1 га	м <sup>3</sup>	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9	4,6
9 Средняя полнота		н/д	н/д	0,69	0,70	0,71	0,71

Результатом происходящих естественных процессов в лесах, а также проведения мероприятий по повышению продуктивности лесов в процессе лесохозяйственной деятельности явилось существенное наращивание древесных запасов в Республике Беларусь, данные о которых приведены в таблице 5 [2, 3, 4, 6].

**Таблица 5 – Показатели продуктивности лесов Республики Беларусь**

Группа пород (порода)	Покрытая лесом площадь, тыс. га	Общий запас насаждений, млн. м <sup>3</sup>	Общее среднее изменение запаса, млн. м <sup>3</sup>	Запас на 1 га покрытых лесом земель, м <sup>3</sup>	Изменение запаса на 1 га покрытых лесом земель, м <sup>3</sup> /га	Запас на 1 га спелых и перестойных насаждений, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7
<b>По состоянию на 01.01.1994 г.</b>						
Хвойные	4679,6	767,73	16,03	164,1	3,43	221,5
в т.ч. сосна	3902,2	611,47	12,95	156,7	3,32	211,6
ель	777,4	156,16	3,08	200,9	3,96	294,5
Твердолиственные	279,3	38,98	0,67	139,6	2,40	221,2
в т.ч. дуб	244	33,92	0,59	139,0	2,42	218,5
Мягколиственные	2205,6	285,23	7,86	129,3	3,56	221,3
в т.ч. береза	1334,5	174,15	4,69	130,5	3,51	190,4
ольха черная	585,7	79,24	2,17	135,3	3,70	231,5
осина	162,9	22,25	0,65	136,6	3,99	245,8
прочие породы	205,8	1,29	0,4	6,3	1,94	2,2
<b>Всего</b>	<b>7370,3</b>	<b>1093,23</b>	<b>24,96</b>	<b>148,3</b>	<b>3,4</b>	<b>213,0</b>

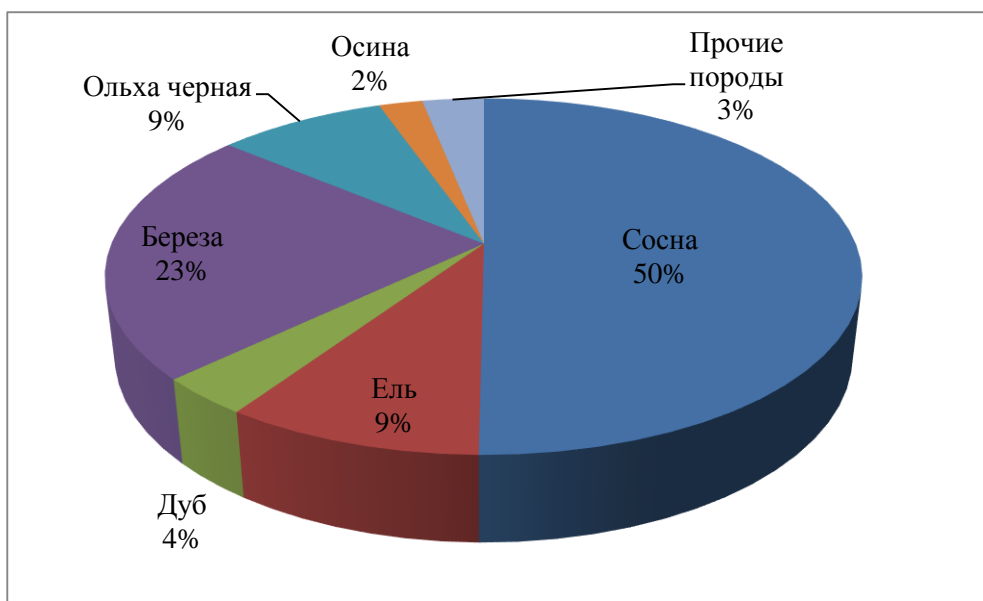
По состоянию на 01.01.2001 г.						
Хвойные	4727,9	906,16	17,09	191,7	3,61	237,3
в т.ч. сосна	3939,9	738,25	14,03	187,4	3,56	229,7
ель	788,0	167,89	3,06	213,1	3,88	286,6
Твердолиственные	304,6	51,14	0,77	167,9	2,53	239,5
в т.ч. дуб	262,2	43,23	0,67	164,9	2,56	236,5
Мягколиственные	2632,8	379,82	9,56	144,3	3,63	235,1
в т.ч. береза	1629,5	232,59	5,77	142,7	3,54	221,5
ольха черная	645,3	97,55	2,42	151,2	3,75	243,9
осина	166,5	27,39	0,68	164,5	4,08	256,8
прочие породы	179,6	2,13	0,74	11,9	4,12	23,2
<b>Всего</b>	<b>7844,9</b>	<b>1339,25</b>	<b>28,16</b>	<b>170,7</b>	<b>3,6</b>	<b>220,1</b>
По состоянию на 01.01.2011 г.						
Хвойные	4784,9	1068,2	18,2	223,2	3,81	263,4
в т.ч. сосна	4034,8	887,2	14,9	240	3,7	256
ель	749,8	180,9	3,3	241	4,4	315
Твердолиственные	329,6	56,2	0,9	170,5	2,7	248
в т.ч. дуб	281,8	47,7	0,7	169	2,4	247
Мягколиственные	2895,4	473,2	11,7	163,4	4,0	251,9
в т.ч. береза	1852,7	295,2	7,2	159	3,9	245
ольха черная	689,4	122,4	2,9	178	4,2	263
осина	171,4	31,9	0,8	186	4,9	267
прочие породы	360,1	0,7	0,06	19,0	1,8	18,4
<b>Всего</b>	<b>8045,96</b>	<b>1598,2</b>	<b>30,8</b>	<b>199</b>	<b>3,8</b>	<b>248</b>
По состоянию на 01.01.2017 г.						
Хвойные	4915,5	1182,3	22,3	241	4,6	285
в т.ч. сосна	4144,6	986,1	18,2	238	4,4	278
ель	769,7	196,1	4,1	255	5,3	333
Твердолиственные	333,8	59,5	1,0	178	2,9	250
в т.ч. дуб	284,3	51,2	0,8	180	2,9	250
Мягколиственные	2973,96	529,8	14,3	178	4,8	261
в т.ч. береза	1909,7	330,1	8,98	173	4,7	255
ольха черная	707,2	137,7	3,5	195	4,9	272
осина	183,97	36,9	1,1	201	5,7	280
прочие породы	36,2	0,9	0,08	24,7	2,1	24
<b>Всего</b>	<b>8259,4</b>	<b>1772,5</b>	<b>37,6</b>	<b>215,0</b>	<b>4,6</b>	<b>264</b>

Общий запас насаждений с 1994 года по 2017 год увеличился в 1,6 раза за счет естественного прироста древостоев и целенаправленной лесохозяйственной деятельности по воспроизводству лесов и лесовыращиванию.

Средний запас насаждений со 148 м<sup>3</sup>/га возрос до 215 м<sup>3</sup>/га, увеличившись на 67 м<sup>3</sup>/га или на 45,3%. Средний запас спелых и перестойных насаждений увеличился на 51 м<sup>3</sup>/га и составляет 264 м<sup>3</sup>/га.

Среднее изменение запаса на 1 га с 3,4 м<sup>3</sup> возросло до 4,45 м<sup>3</sup>, увеличившись на 1,05 м<sup>3</sup>.

В породной структуре лесов республики преобладают хвойные древостои, площадь которых составляет 4915,5 тыс. га или 59,5% (рисунок 2). За период 1994–2017 гг. их площадь увеличилась на 235,9 тыс. га или на 5,0%. Основной лесобразующей формацией является сосновая, площадь которой за 2 десятилетия увеличилась на 242,4 тыс. га, запас увеличился на 374,6 млн. м<sup>3</sup>. Площадь твердолиственных пород, включая дубовые древостои, увеличилась на 54,5 тыс. га или на 19,5%, а мягколиственных насаждений – на 768,36 тыс. га или на 34,8%.



**Рисунок 2 – Распределение насаждений по преобладающим породам (по состоянию на 01.01.2017 г.)**

Таким образом, в целом по республике площадь мягколиственных насаждений возрастает более высокими темпами, чем хвойных и твердолиственных. В целях увеличения доли хвойных и твердолиственных насаждений необходим выбор систем и видов рубок главного пользования, предусматривающих возможность естественного воспроизводства главных пород (постепенные и выборочные рубки главного пользования, сплошные рубки с сохранением подроста хвойных и твердолиственных пород). Для недопущения накопления мягколиственных спелых и перестойных

насаждений следует максимально вовлекать их в хозяйственный оборот, увеличивать объемы работ по реконструкции малоценных молодняков и средневозрастных насаждений мягколиственных пород, а также низкополнотных средневозрастных насаждений (вырубка данных насаждений или их части и создание на данной площади лесных культур хвойных и твердолиственных пород).

Произошедшие положительные изменения в показателях лесного фонда создают предпосылки для дальнейшего наращивания потенциала древесных ресурсов белорусских лесов. Повышение продуктивности лесов – важная задача лесного хозяйства Беларуси. Целенаправленная лесохозяйственная деятельность, обеспечивая увеличение потенциала древесных ресурсов, одновременно обеспечивает повышение углерододепонирующей функции лесов.

**Таблица 5а – Распределение покрытых лесом земель по типам леса (по состоянию на 01.01.2017 г.)**

Тип леса	Основные древесные породы, га							
	сосна	ель	дуб	береза	ольха черная	осина	прочие	итого
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лишайниковый	20180			104			9	20293
Вересковый	182226			9194			26	191446
Брусничный	12062	1190		1202		126	16	14596
Мшистый	1658167	31069		55312		1062	177	1745788
Орляковый	851454	95711	26783	211982		12284	4786	1203000
Кисличный	213038	424173	134565	315902	15310	78315	49815	1231118
Черничный	669526	155998	54213	362843		20832	2274	1265686
Долгомошный	198499	12042		190509		4374	293	405717
Багульниковый	111065						8	111073
Осоковый	61397	1922		172097	167863		36182	439461
Сфагновый	9839			227			1	10067
Осоково-сфагновый	149206	232		26797			76	176311
Снытевый		20597	26259	59036	23007	40397	89272	258568
Крапивный		2507	3170	28987	87721	4471	4824	131680
Папоротниковый		21111	9431	331760	176559	20115	46172	605148
Приручейно-травяной	7930	3113		42257		1991	334	55625
Луговиковый			1749				1	1750
Приручейно-пойменный			10365				14	10379

Злаково-пойменный			8945				4	8949
Ольхово-пойменный			4166				25	4191
Ясенево-пойменный			352				4	356
Широкотравно-пойменный			1704				1	1705
Пойменный			2631				5168	7799
Болотно-разнотравный							135	135
Таволговый					198447		18361	216808
Осоково-травяной				91046			116	91162
Балотно-папоротниковый				9827	30498		122	40447
Касатиковый					5397		20	5417
Ивняковый				608	2409		1611	4628
Злаковый							113	113
<b>Итого</b>	<b>4144589</b>	<b>769665</b>	<b>284334</b>	<b>1909690</b>	<b>707211</b>	<b>183967</b>	<b>259960</b>	<b>8259416</b>

Мшистый, орляковый, кисличный, черничный и папоротниковый типы леса в 2017 году занимали площадь 6050,7 тыс. га, что составляет более 73 процентов от покрытой лесом площади.

Площадь болотных лесов составляет 1,78 млн. га (21,5% от общей лесопокрытой площади). Лесоболотные угодья являются элементов стабилизации экологического равновесия не только на территории нашей страны, но и всей Европы. Республика Беларусь располагает обширными площадями болот и заболоченных земель.

В зависимости от типа питания болот и состава растительного покрова леса подразделяются на болотные леса на верховых, переходных и низинных болотах, которые занимают соответственно 0,6%, 16,3% и 83,1% от общей лесопокрытой площади болотных лесов. Каждая группа болотных лесов отличается от других не только составом растительного покрова, но и природно-ресурсным потенциалом.



## **II. Обоснование и предложения по установлению (использованию) значений коэффициентов выбросов/поглощения диоксида углерода от наземной фитомассы (стволовая древесина, сучья, ветви, листья, хвоя, подрост и подлесок, живой напочвенный покров), подземной фитомассы, валежа, сухостоя, лесной подстилки**

В сводном отчете о лесных ресурсах (ЕЭК ФАО ООН, 2000 г.) углеродному балансу в лесах посвящена специальная глава, в том числе в ней специалистами ЕЭК выполнены расчеты по лесам Беларуси.

Данные расчеты выполнялись по подходам, которые в 2003 г. были оформлены в методику Международной группы экспертов по изменению климата (далее – МГЭИК).

Все методики численной оценки углеродного бюджета лесов строго следуют рекомендациям, изложенным в Руководящих указаниях МГЭИК ООН [10]. Рекомендации носят рамочный характер и оставляют достаточно большой простор странам в выборе конкретных способов расчета с учетом национальных данных и особенностей устоявшихся толкований определений и терминов. Кроме того, в Рекомендации регулярно вносят изменения. В настоящее время МГЭИК ООН набирает группу экспертов для доработки Руководящих указаний 2006 г. (последняя редакция) [12]. Документ планируется подготовить в 2017-2019 гг. и в декабре 2019 г. представить на утверждение очередной Конференции сторон РКИК ООН. Начало отчетного периода по Парижскому соглашению планируется после 2020 г.

Исходными посылами для балансовых расчетов углеродных потоков в лесах по методике ЕЭК ФАО ООН приняты следующие.

- Признание, что леса обладают значительным потенциалом, чтобы оказать существенное воздействие на величину и направление потоков углерода в глобальном углеродном круговороте. В частности, отмечается, что леса сегодня связывают углерод в количестве около 60 % депонированного растительностью и около 50% – почвами планеты.

- Увеличение фитомассы лесной экосистемы приводит к нетто-потоку (net flux) углерода от атмосферы в лес и соответственно его стоку из атмосферы. Уменьшение фитомассы изменяет направление нетто-потока на противоположное и приводит к притоку атмосферного углерода.

- Лесная статистика располагает относительно достоверными данными по древесным запасам. В отдельных случаях можно получить данные о запасе или массе корней, ветвей, вегетативных органов, других компонентов (травяно-мохово-кустарничковый ярус, подрост) лесной экосистемы.

- Для расчета углеродных балансов потребуются преобразование запасов (массы) стволовой древесины и других частей фитомассы в сухое органическое вещество с определением в нем углерода. В расчетах ЕЭК ФАО

ООН содержание углерода (С) в сухой фитомассе лесной экосистемы принималось равным 50 %.

• Для определения сухой массы в расчетах ЕЭК ФАО ООН приняты следующие соотношения: плотность стволовой древесины хвойных насаждений равно 0,52 т/м<sup>3</sup> (т. е. масса в сухом состоянии 1 м<sup>3</sup> древесины равна 520 кг) и лиственных – 0,66 т/м<sup>3</sup>; корней, включая пень, – 0,12 т/м<sup>3</sup>.

Углеродный баланс лесов рассчитывался таким образом. Вначале определяется, пользуясь таксационной терминологией, текущее изменение древесного запаса как разность между годичным приростом (первичная нетто-продукция и суммой годичного древесинопользования (рубки), естественного отпада и прочих потерь древесины (гибель насаждений, пожары и др.).

Затем определяются другие части древостоя, их масса в сухом состоянии и содержание углерода, пользуясь вышеуказанными коэффициентами.

Для оценки и установления коэффициентов выбросов/поглощения диоксида углерода использована Методика оценки общего и годичного депонирования углерода лесами Республики Беларусь, утвержденная и введенная в действие приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 28.03.2011 № 81 (далее – Методика).

Данный документ является методической основой для расчета общего депонирования углерода и годичных потоков «стока–эмиссии» углекислого газа лесами при проведении национальной инвентаризации парниковых газов Республики Беларусь в области лесного хозяйства.

Для расчета депонирования углерода фитомассой приемлемо рекомендованное МГЭИК (2003) уравнение 1, в основу которого положен «метод расчета по изменению запаса», а именно:

$$C = V \cdot D \cdot BEF_2 \cdot (1+R) \cdot CF \quad (1)$$

и

$$\Delta C_{FFLB} = (C_{t2} - C_{t1}) / (t_2 - t_1), \quad (2)$$

где  $C_{t2}$  и  $C_{t1}$  – общее количество углерода в фитомассе лесных насаждений, подсчитанные в момент времени соответственно  $t_2$  и  $t_1$ , тС;  $V$  – общий запас насаждений по материалам государственного учета лесного фонда (или Лесного кадастра) Республики Беларусь, м<sup>3</sup>;  $BEF_2$  – коэффициент фитомассы для перевода общего запаса насаждений (т. е. объема стволовой древесины) в величину фитомассы всех компонентов надземной части древостоя, безразмерная величина;  $D$  – объемно-взвешенная средняя плотность древесины, тонны абсолютно сухой древесины, т/м<sup>3</sup>;  $R$  –

соотношение массы корней, включая пень, и стволовой древесины, безразмерная величина;  $CF$  – доля углерода в сухом веществе;  $\Delta C_{FFLB}$  – годовое изменение в углеродных стоках на покрытых лесом землях, тонны  $C$  в год.

Данные о плотности древесины можно получить из местных источников. Доля углерода в сухой фитомассе, при отсутствии местных данных, методикой МГЭИК (2003) допускается принять равной 0,5. Коэффициенты  $BEF$  – «коэффициенты разрастания биомассы (отношение объемов ветвей, побегов, листьев, корней к объему стволовой древесины)» – методика МГЭИК рекомендует определять непосредственным способом на пробных площадях или воспользоваться имеющимися ресурсами для выведения местных аллометрических уравнений.

Для расчета депонирования углерода компонентами лесного насаждения, кроме древесной массы, были установлены на основе пробных площадей и соответствующих литературных данных коэффициенты перевода от запаса стволовой древесины к запасу (массе) подроста, подлеска, живого напочвенного покрова в насаждениях основных лесобразующих пород, преобладающих типов леса и современной возрастной структуры лесов Беларуси. В таблице 6 приведен алгоритм расчета депонирования углерода фитомассой лесов Беларуси.

Накопление углерода почвы рассчитывалось с использованием уравнения, рекомендованного Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов.

Общий вид уравнения для расчета органического углерода в верхнем 30-сантиметровом слое почвы лесных земель Беларуси следующий:

$$C_{\text{пч}} = KC_{\text{пч}} \times Z_{\text{пч}} \times (1 - S_{\text{пч}}/100) \times 3 \quad (3)$$

где  $C_{\text{пч}}$  – накопление органического углерода в верхнем 30-сантиметровом слое почвы лесных земель Беларуси, [тС];  $KC_{\text{пч}}$  – концентрация органического углерода в верхнем 30-сантиметровом слое почвы лесных земель Беларуси, [гС/кг];  $P_{\text{пч}}$  – объемная плотность верхнего 30-сантиметрового слоя почвы лесных земель Беларуси, [г/см<sup>3</sup>];  $S_{\text{пч}}$  – доля грубых фрагментов (фракции > 1 мм) в верхнем 30-сантиметровом слое почвы лесных земель Беларуси, [%]; 3 – конечный множитель для преобразования массы углерода в т/га, [10 т·см<sup>3</sup>].

Для определения массы лесной подстилки и содержания органического углерода в ней использовались материалы выдельного банка данных «Лесной фонд Республики Беларусь» и данные анализа образцов лесной подстилки, выполненных РУП «Белгослес» на 410 постоянных пунктах учета при проведении мониторинга состояния лесов в 2001–2009 гг.

**Таблица 6 – Алгоритм расчета депонирования углерода фитомассой лесов Беларуси**

Наименование показателя	Лесообразующий древесный вид							Общее количество углерода (пулы) в компонентах насаждений
	Сосна	Ель	Дуб	Береза	Ольха черная	Осина	Прочие	
Общий запас насаждений, тыс. м <sup>3</sup>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	
Доля углерода в компонентах насаждения, приходящаяся на единицу запаса CV, тС/м <sup>3</sup>								
стволовой древесины	C <sub>1</sub> V <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> V <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> V <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> V <sub>5</sub>	C <sub>1</sub> V <sub>6</sub>	C <sub>1</sub> V <sub>7</sub>	
сучьев и ветвей	C <sub>2</sub> V <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> V <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> V <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> V <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> V <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> V <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> V <sub>7</sub>	
хвои (листьев)	C <sub>3</sub> V <sub>1</sub>	C <sub>3</sub> V <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> V <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> V <sub>5</sub>	C <sub>3</sub> V <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> V <sub>7</sub>	
корней и пней	C <sub>4</sub> V <sub>1</sub>	C <sub>4</sub> V <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> V <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> V <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> V <sub>5</sub>	C <sub>4</sub> V <sub>6</sub>	C <sub>4</sub> V <sub>7</sub>	
подроста и подлеска	C <sub>5</sub> V <sub>1</sub>	C <sub>5</sub> V <sub>2</sub>	C <sub>5</sub> V <sub>3</sub>	C <sub>5</sub> V <sub>4</sub>	C <sub>5</sub> V <sub>5</sub>	C <sub>5</sub> V <sub>6</sub>	C <sub>5</sub> V <sub>7</sub>	
живого напочвенного покрова	C <sub>6</sub> V <sub>1</sub>	C <sub>6</sub> V <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> V <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> V <sub>4</sub>	C <sub>6</sub> V <sub>5</sub>	C <sub>6</sub> V <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> V <sub>7</sub>	
Общее количество углерода в компонентах насаждения С, тыс. тС								
стволовой древесины	V <sub>1</sub> · C <sub>1</sub> V	V <sub>2</sub> · C <sub>1</sub> V	V <sub>3</sub> · C <sub>1</sub> V	V <sub>4</sub> · C <sub>1</sub> V	V <sub>5</sub> · C <sub>1</sub> V	V <sub>6</sub> · C <sub>1</sub> V	V <sub>7</sub> · C <sub>1</sub> V	Пул 8
сучьев и ветвей	V <sub>1</sub> · C <sub>2</sub> V	V <sub>2</sub> · C <sub>2</sub> V	V <sub>3</sub> · C <sub>2</sub> V	V <sub>4</sub> · C <sub>2</sub> V	V <sub>5</sub> · C <sub>2</sub> V	V <sub>6</sub> · C <sub>2</sub> V	V <sub>7</sub> · C <sub>2</sub> V	Пул 9
хвои (листьев)	V <sub>1</sub> · C <sub>3</sub> V	V <sub>2</sub> · C <sub>3</sub> V	V <sub>3</sub> · C <sub>3</sub> V	V <sub>4</sub> · C <sub>3</sub> V	V <sub>5</sub> · C <sub>3</sub> V	V <sub>6</sub> · C <sub>3</sub> V	V <sub>7</sub> · C <sub>3</sub> V	Пул 10
корней и пней	V <sub>1</sub> · C <sub>4</sub> V	V <sub>2</sub> · C <sub>4</sub> V	V <sub>3</sub> · C <sub>4</sub> V	V <sub>4</sub> · C <sub>4</sub> V	V <sub>5</sub> · C <sub>4</sub> V	V <sub>6</sub> · C <sub>4</sub> V	V <sub>7</sub> · C <sub>4</sub> V	Пул 11
подроста и подлеска	V <sub>1</sub> · C <sub>5</sub> V	V <sub>2</sub> · C <sub>5</sub> V	V <sub>3</sub> · C <sub>5</sub> V	V <sub>4</sub> · C <sub>5</sub> V	V <sub>5</sub> · C <sub>5</sub> V	V <sub>6</sub> · C <sub>5</sub> V	V <sub>7</sub> · C <sub>5</sub> V	Пул 12
живого напочвенного покрова	V <sub>1</sub> · C <sub>6</sub> V	V <sub>2</sub> · C <sub>6</sub> V	V <sub>3</sub> · C <sub>6</sub> V	V <sub>4</sub> · C <sub>6</sub> V	V <sub>5</sub> · C <sub>6</sub> V	V <sub>6</sub> · C <sub>6</sub> V	V <sub>7</sub> · C <sub>6</sub> V	Пул 13
Общее количество углерода (пулы) в насаждениях преобладающих пород, тыс. тС	Пул 1	Пул 2	Пул 3	Пул 4	Пул 5	Пул 6	Пул 7	Пул 14

Сведения о запасах лежащей (валеж) и стоящей (сухостой) древесины отображаются в повыведельном банке данных «Лесной фонд Республики Беларусь». Величины показателей плотности и концентрации углерода для валежной древесины и сухостоя предложены по результатам анализа материалов исследований Ждановича С.А. и Пугачевского А.В. [13].

МГЭИК ООН рекомендует при оценке углеродного бюджета рассматривать пять основных пулов (хранилищ, резервуаров) углерода в лесах:

- надземную фитомассу лесной растительности;
- подземную фитомассу лесной растительности;
- мертвую древесину (дебрис) – сухостой и валеж;
- лесную подстилку;
- органическое вещество почвы.

Согласно международным договоренностям, в ежегодной национальной отчетности необходимо отражать информацию и оценивать изменения в накоплении углерода во всех пяти пулах. Это обстоятельство не требует обязательного увеличения накопления углерода во всех пулах, поскольку уменьшение запаса углерода в одном пуле может компенсироваться увеличением его в другом. Например, пул надземной фитомассы после низовых пожаров или повреждения насекомыми-вредителями уменьшается, вместе с тем пул сухостойной и валежной древесины увеличивается. Для предоставления международной отчетности согласно климатическим соглашениям интерес представляют не потоки и миграция углерода в самой экосистеме, а ее взаимодействие с атмосферой, поэтому учитывают не потоки, а величину баланса. Если итоговый баланс по совокупности пулов положительный – идет увеличение стоков и накопление углерода – результат эффективной практики лесопользования и устойчивого целенаправленного ведения лесного хозяйства.

Анализ общего депонирования углерода лесами Республики Беларусь целесообразно выполнять в разрезе пулов углерода. Предлагается выделить 19 пулов (объединений депонированного углерода).

пул 1 – содержание углерода в фитомассе сосновой формации Республики Беларусь.

пул 2 – содержание углерода в фитомассе еловой формации Республики Беларусь.

пул 3 – содержание углерода в фитомассе дубовой формации Республики Беларусь.

пул 4 – содержание углерода в фитомассе березовой формации Республики Беларусь.

пул 5 – содержание углерода в фитомассе черноольховой формации Республики Беларусь.

пул 6 – содержание углерода в фитомассе осиновой формации Республики Беларусь.

пул 7 – содержание углерода в фитомассе прочих формаций Республики Беларусь (лиственничной, грабовой, ясеневой, кленовой, ильмовых, сероольховой, липовой, тополевой, древовидноивовой, яблоневой и проч.).

пул 8 – содержание углерода в стволовой древесине лесов Республики Беларусь.

пул 9 – содержание углерода в сучьях и ветвях древостоев Республики Беларусь.

пул 10 – содержание углерода в хвое или листьях древостоев Республики Беларусь.

пул 11 – содержание углерода в корнях и пнях древостоев Республики Беларусь.

пул 12 – содержание углерода в подросте и подлеске лесов Республики Беларусь.

пул 13 – содержание углерода в живом напочвенном покрове лесов Республики Беларусь.

пул 14 – общее содержание углерода в фитомассе лесов Республики Беларусь.

пул 15 – содержание органического углерода в 30-сантиметровом слое почвы лесных земель Республики Беларусь.

пул 16 – содержание углерода в лесной подстилке лесов Республики Беларусь.

пул 17 – содержание углерода в валежной лежащей (валеж) древесине лесов Республики Беларусь.

пул 18 – содержание углерода в валежной стоящей (сухостой) древесине лесов Республики Беларусь.

Пул углерода лесной – общее содержание углерода в лесной экосистеме (углерод фитомассы лесов, органический углерод 30-сантиметрового слоя почвы лесных земель, углерод лесной подстилки и углерод валежной древесины) Республики Беларусь.

В соответствии с Методикой расчет общего количества углерода, содержащегося в фитомассе лесов Беларуси производится в разрезе лесообразующих древесных видов (преобладающих пород).

Общий запас насаждений устанавливается по материалам государственного учета лесного фонда или Лесного кадастра Республики Беларусь на расчетный год.

Фитомасса компонентов насаждения, приходящаяся на единицу запаса в разрезе преобладающих пород, установлена из посылки наличия связи между различными фракциями древесной фитомассы (ствол, ветви,

сучья, хвоя, листья, пень, корни). Плотность сухой фитомассы, доленое содержание углерода в стволовой древесине и фракциях преобладающих пород, равно как и аналогичное в подросте, подлеске и живом напочвенном покрове, представленные в виде конверсионных коэффициентов.

Исходные данные для расчета использованных конверсионных коэффициентов, приведены ниже:

**Таблица 7 – Масса в сухом состоянии отдельных фракций древостоя (стволовая древесина, сучья и ветви, хвои или листья, корни и пень), а также отдельных компонентов лесного насаждения (подрост и подлесок, живой напочвенный покров), приходящаяся на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины**

Преобладающая древесная порода	Масса в сухом состоянии, приходящаяся на 1 м <sup>3</sup> запаса, т/м <sup>3</sup>					
	Стволовая древесина	Сучья и ветви	Листья (хвоя)	Корни плюс пень	Подрост и подлесок	Живой напочвенный покров
Сосна	0,535	0,095	0,023	0,089	0,001	0,009
Ель	0,465	0,066	0,072	0,084	0,001	0,003
Дуб	0,680	0,268	0,053	0,143	0,001	0,012
Береза	0,600	0,091	0,054	0,120	0,001	0,010
Ольха (ч)	0,550	0,116	0,055	0,092	0,001	0,003
Осина	0,445	0,052	0,039	0,087	0,001	0,001
Прочие	0,274	0,074	0,033	0,041	0,001	0,017

**Таблица 8 – Доленое содержание углерода в сухой фитомассе различных фракций древостоя и компонентов лесного насаждения**

Преобладающая древесная порода	Доленое содержание углерода в фитомассе, безразмерная величина					
	Стволовая древесина	Сучья и ветви	Хвоя или листья	Корни и пень	Подрост и подлесок	Живой напочвенный покров
Сосна	0,501	0,526	0,522	0,517	0,500	0,484
Ель	0,505	0,515	0,528	0,528	0,500	0,474
Дуб	0,504	0,530	0,518	0,506	0,500	0,500
Береза	0,500	0,516	0,444	0,513	0,500	0,500
Ольха (ч)	0,500	0,517	0,454	0,512	0,500	0,485
Осина	0,503	0,519	0,462	0,515	0,500	0,500
Прочие	0,503	0,500	0,485	0,494	0,500	0,471

Полученные на основании этих данных конверсионные коэффициенты приведены в таблице 9.

**Таблица 9 – Доля углерода в компонентах насаждения, приходящаяся на единицу запаса, в разрезе преобладающих древесных пород, КС [тС/м<sup>3</sup>]**

Преобладающая древесная порода	Конверсионные коэффициенты CV, тС/м <sup>3</sup> запаса					
	Стволовая древесина	Сучья и ветви	Хвоя или листья	Корни и пень	Подрост и подлесок	Живой напочвенный покров
Сосна	0,268	0,050	0,012	0,046	0,0005	0,004
Ель	0,235	0,034	0,038	0,044	0,0005	0,001
Дуб	0,343	0,142	0,027	0,072	0,0005	0,006
Береза	0,300	0,047	0,024	0,050	0,0005	0,005
Ольха (ч)	0,275	0,060	0,025	0,047	0,0005	0,001
Осина	0,224	0,027	0,018	0,045	0,0005	0,005
Прочие	0,138	0,037	0,016	0,020	0,0005	0,008

Годичное или среднепериодичное депонирование углерода в лесах в общем виде определяется по уравнению:

$$\pm\Delta C_t = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1), \quad (4)$$

где  $\pm\Delta C_t$  – годичный или среднепериодический годичный поток углерода, тыс. тС/год;  $C_{t_2}$  – общее депонирование углерода лесами в момент времени  $t_2$ , тыс. тС;  $C_{t_1}$  – общее депонирование углерода лесами в момент времени  $t_1$ , тыс. тС;  $t_2$  – календарный год производства расчета;  $t_1$  – календарный год предыдущего периода.

При значении  $+\Delta C_t$  имеет место «сток» (абсорбция) атмосферного углерода. При значении  $-\Delta C_t$  имеет место «эмиссия» (выброс) углерода в атмосферу.

В информационных таблицах (сообщениях) годичные величины потока углерода (увеличение или уменьшение накоплений углерода в пулах) преобразуются в эквивалент CO<sub>2</sub>. Стехиометрическое соотношение CO<sub>2</sub> и углерода (C) составляет 44/12.



### **III. Оценка состояния лесных насаждений (продуктивность, прирост, запас) с учетом способности увеличения поглощения диоксида углерода**

В республике наблюдается многолетняя тенденция прироста древесных запасов по всем лесообразующим породам. Площадь покрытых лесом земель лесного фонда за 1994–2017 гг. увеличилась в 1,12 раза. При этом общий запас увеличился в 1,62 раза, средний запас древостоев – в 1,45 раза. Общее среднее изменение запаса (или прирост запасов) составило 37,6 млн. м<sup>3</sup> в год и увеличилось в 1,4 раза по сравнению с 1994 годом.

Это свидетельствует, что значительная часть прироста древесных запасов увеличилась не за счет увеличения площади лесного фонда, а за счет изменений в структуре лесного фонда и мероприятий по повышению продуктивности лесов. Ориентировочно, рост древесных запасов на 30% (среднее изменение более 1,0 м<sup>3</sup>/га в год) является результатом целенаправленной лесохозяйственной деятельности. Исходя из складывающейся ситуации не предвидится изменений такой динамики в последующем. В лесной политике государства наблюдается целенаправленность на устойчивое расширенное воспроизводство лесов и рациональное многофункциональное лесопользование.

В древесном запасе леса на корню депонируется атмосферный диоксид углерода. Положительная величина текущего годового прироста древесных запасов в лесах республики является залогом сокращения индустриальной эмиссии углекислого газа. В этой связи представляется закономерной постановка вопроса о длительности положительного прироста древесных запасов в лесах Беларуси. Рост древесных запасов не может быть бесконечным. Лесные насаждения, достигая определенного возраста, замедляют рост, а в последующем и прекращают его, поддерживая жизнедеятельность. Т.е. закономерно прогнозировать в будущей достижения предельного общего запаса насаждений в лесной экосистеме республики. В этой ситуации прирост древесных запасов будет уравниваться естественным отпадом (в виде заготовленной или мертвой древесины). Сток атмосферного диоксида углерода в лесах станет равным (или близким) величине его эмиссии в виде естественной минерализации части отпада, в виде мертвой древесины («почвенное дыхание») или искусственного окисления заготовленных лесоматериалов другой части отпада.

В части древесных запасов можно прогнозировать положительную динамику их прироста в лесах Беларуси на перспективу до 2050 года. Кроме того можно увеличить продуктивность древесных насаждений, а также площади на которых они произрастают, что будет способствовать повышению и сохранению положительного баланса «стока–эмиссии» углекислого газа лесами Беларуси.

Расчет углеродного бюджета выполнен с использованием материалов государственного учета лесного фонда и лесного мониторинга Республики Беларусь на основе утвержденной Министерством лесного хозяйства «Методики оценки общего и годичного депонирования углерода лесами Республики Беларусь» [7, 8]. Использован конверсионный подход при оценке содержания углерода в компонентах лесной экосистемы на основе сведений о древесных запасах лесообразующих пород. Конверсионный подход применяется для расчетов потоков углерода в Национальном кадастре парниковых газов Росгидромета [9] и отвечает рекомендациям МГЭИК [10].

Расчет общего количества углерода, содержащегося в фитомассе лесов Беларуси, производится в разрезе лесообразующих древесных видов (преобладающих пород). Важен вклад каждой лесной формации в депонирование углерода фитомассой (таблица 10).

*Алгоритм расчета депонирования углерода фитомассой сосновой формации по состоянию на 01.01.2017 г.*

*Общий запас сосновой формации = 986050,9 тыс. м<sup>3</sup>.*

*Общее количество углерода в компонентах насаждения:*

*– стволочная древесина –  $986050,9 \times 0,268 = 264261,6$  тыс. тС;*

*– сучья и ветви –  $986050,9 \times 0,050 = 49302,5$  тыс. тС;*

*– хвоя и листья –  $986050,9 \times 0,012 = 11832,6$  тыс. тС;*

*– корни и пень –  $986050,9 \times 0,046 = 45358,3$  тыс. тС;*

*– подрост и подлесок –  $986050,9 \times 0,0005 = 493,0$  тыс. тС;*

*– живой напочвенный покров –  $986050,9 \times 0,004 = 3944,2$  тыс. тС.*

*Общее количество углерода в компонентах соснового насаждения = 375192,4 тыс. тС.*

**Таблица 10 – Динамика депонирования углерода фитомассой лесов Беларуси по преобладающим породам**

Преобладающая порода	Накоплено углерода на год учета, млн. тС			
	1994 г.	2001 г.	2011 г.	2017 г.
Сосна	232,7	280,9	337,6	375,2
Ель	55,0	59,2	63,8	69,1
Дуб	20,0	25,5	28,2	30,2
Береза	74,3	99,2	125,9	140,8
Ольха черная	32,4	39,8	50,0	56,2
Осина	7,1	8,8	10,2	11,8
Прочие	3,5	7,1	7,2	7,6
<b>Общее количество углерода в фитомассе насаждений</b>	<b>425,0</b>	<b>520,5</b>	<b>622,9</b>	<b>690,9</b>

Общее депонирование углерода в фитомассе лесных насаждений с 1994 г. по 2017 г. увеличилось на 265,9 млн. т С или в 1,6 раза. В фитомассе лесов основных лесообразующих пород на начало 2017 г. накоплено 690,9 млн. т С, наибольшее количество – 54,3% – депонировано сосновыми насаждениями, наименьшее количество – осиновыми и прочими насаждениями: 1,7 и 1,1% соответственно.

В разрезе возрастной структуры белорусских лесов доля накопления углерода по группам возраста и количеству углерода на 1 га значительно отличается в 1994 г. и 2017 г. (таблица 11).

**Таблица 11 – Депонирование углерода фитомассой лесов Беларуси в разрезе возрастных групп**

Группам возраста	Площадь, тыс. га		Доля от площади, %		Накопление углерода, млн. тС		Доля, %	
	1994 г.	2017 г.	1994 г.	2017 г.	1994 г.	2017 г.	1994 г.	2017 г.
Молодняки	2702,8	1498,8	36,7	18,1	83,32	41,74	19,6	6,0
Средневозрастные	3270,6	3658,2	44,4	44,3	226,1	325,10	53,2	47,1
Приспевающие	1046,8	1980,8	14,2	24,0	86,15	208,42	20,3	30,2
Спелые и перестойные	350,1	1121,6	4,8	13,6	29,44	115,69	6,9	16,7
<b>Итого</b>	<b>7370,3</b>	<b>8259,4</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>425,01</b>	<b>690,94</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Так при занимаемой доли площади 36,7% молодняки в 1993 г. накопили 19,6% углерода, в 2017 г. доленое участие молодняков в лесопокрытой площади 18,1% ими депонировано 6,0% углерода. Спелые и перестойные насаждения в 1993 г. занимали 4,8% площади лесов, накопление углерода составило 6,9%, в 2016 г. 13,6% лесопокрытой площади приходится на спелые и перестойные насаждения – доля депонированного углерода составила 16,7%.

В разрезе преобладающих пород наблюдается различная углерододепонирующая способность фитомассой на 1 га в зависимости от группы возраста (таблица 12).

Из таблицы 12 видно, что сосновые молодняки депонируют 30,8 тыс. тС/га, средневозрастные сосняки – 99,7 тыс. тС/га, приспевающие – 109,6 тыс. тС/га и спелые и перестойные сосновые насаждения – 105,8 тыс. тС/га. Такая же тенденция наблюдается по еловым насаждениям и насаждениям прочих пород. По дубовым, березовым и черноольховым древостоям прослеживается устойчивая закономерность увеличения

накопленного углерода на 1 га с увеличением возраста насаждений.

**Таблица 12 – Депонирования углерода фитомассой лесов Беларуси в разрезе возрастных групп и преобладающих пород**

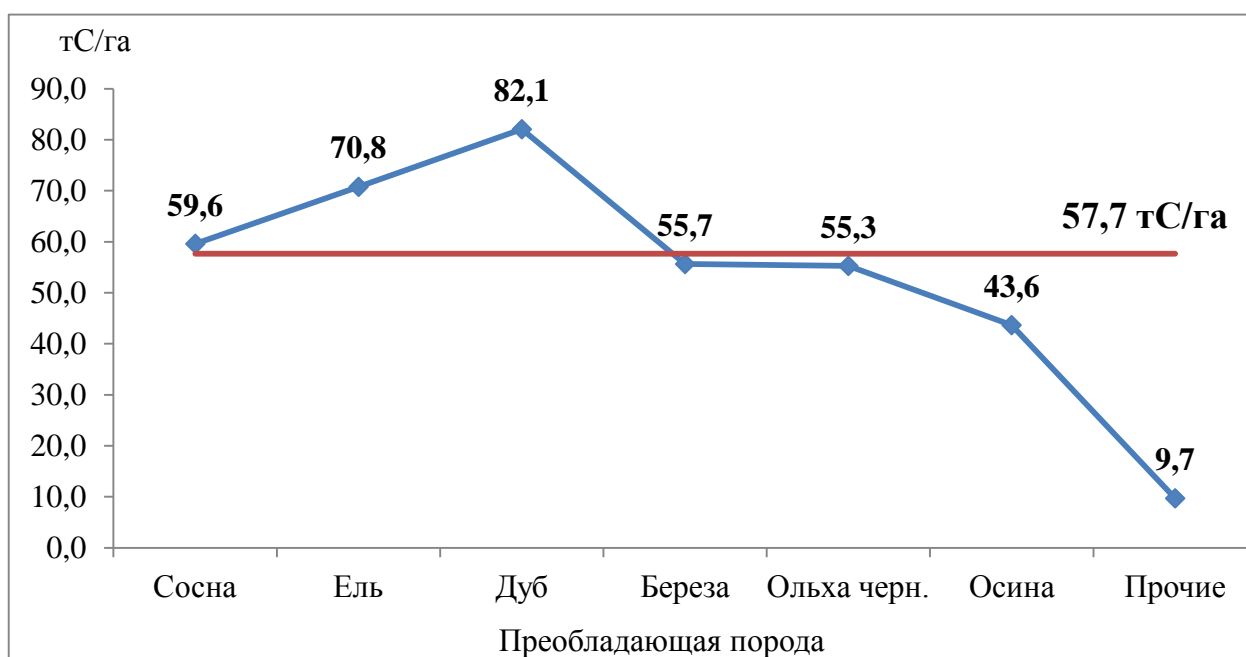
Группам возраста	Преобладающая порода	Площадь, тыс. га	Запас, млн. м <sup>3</sup>	Накопление углерода, млн. тС	Накопление углерода, тыс. тС/га
Молодняки	<b>Итого</b>	<b>1498,8</b>	<b>108,3</b>	<b>41,74</b>	<b>27,8</b>
	Сосна	751,7	60,9	23,18	30,8
	Ель	221,3	20,9	7,35	33,2
	Дуб	64,2	3,9	2,33	36,3
	Береза	313,1	14,9	6,36	20,3
	Ольха черная	72,1	3,2	1,29	17,9
	Осина	38,3	2,3	0,73	19,1
	Прочие	37,9	2,2	0,49	13,0
Средневозрастные	<b>Итого</b>	<b>3658,2</b>	<b>826,9</b>	<b>325,10</b>	<b>88,9</b>
	Сосна	1823,9	477,9	181,82	99,7
	Ель	285,5	87,1	30,70	107,5
	Дуб	139,6	27,8	16,40	117,4
	Береза	1007,7	169,5	72,29	71,7
	Ольха черная	298,8	49,2	20,08	67,2
	Осина	26,7	4,0	1,29	48,2
	Прочие	76,0	11,5	2,51	33,1
Приспевающие	<b>Итого</b>	<b>1980,8</b>	<b>541,4</b>	<b>208,42</b>	<b>105,2</b>
	Сосна	1109,6	319,6	121,60	109,6
	Ель	201,2	67,6	23,83	118,5
	Дуб	30,7	7,1	4,17	135,8
	Береза	368,5	89,4	38,14	103,5
	Ольха черная	164,8	38,8	15,84	96,1
	Осина	34,3	6,9	2,21	64,5
	Прочие	71,7	12,0	2,64	36,7
Спелые и перестойные	<b>Итого</b>	<b>1121,6</b>	<b>296,0</b>	<b>115,69</b>	<b>103,1</b>
	Сосна	459,3	127,7	48,59	105,8
	Ель	61,7	20,5	7,24	117,3
	Дуб	49,8	12,5	7,35	147,7
	Береза	220,4	56,3	23,99	108,9
	Ольха черная	171,5	46,6	19,02	110,9
	Осина	84,6	23,7	7,56	89,3
	Прочие	74,3	8,8	1,93	25,9
	<b>ВСЕГО</b>	<b>8259,4</b>	<b>1772,5</b>	<b>690,94</b>	<b>83,7</b>

С увеличением общего накопленного углерода фитомассой происходило и закономерное увеличение депонированного углерода на 1 га лесопокрытой площади (таблица 13).

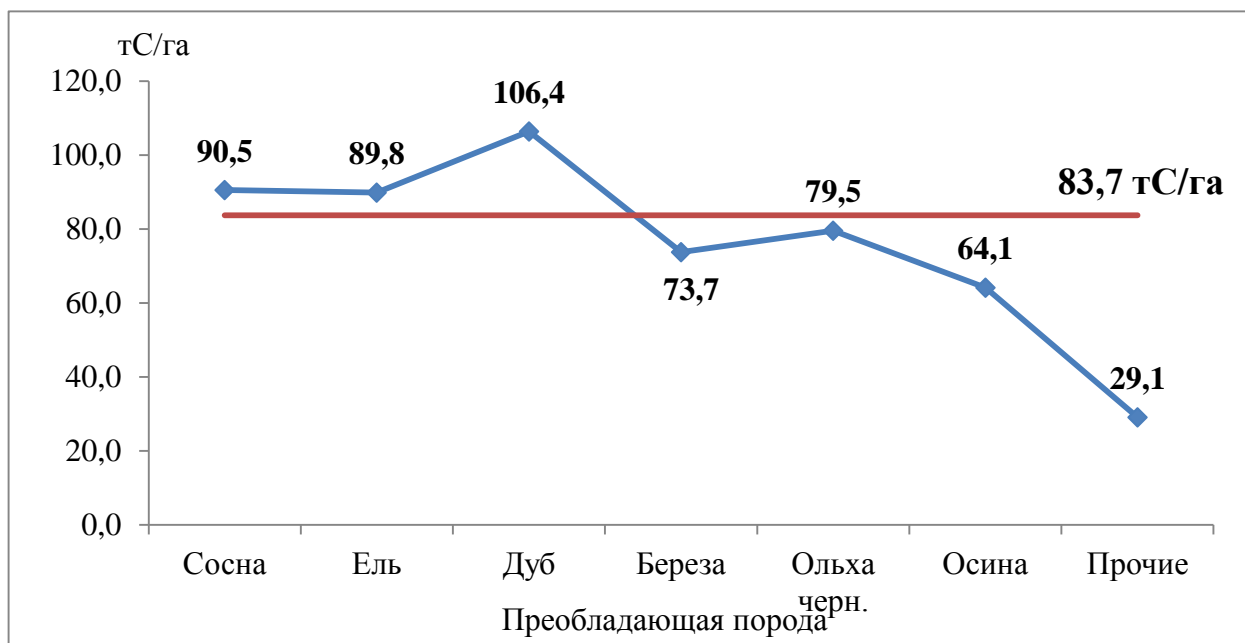
**Таблица 13 – Накопление углерода фитомассой лесов Беларуси на 1 га лесопокрытой площади в разрезе преобладающих пород (тС/га)**

Год учета	Преобладающая порода							Всего
	Сосна	Ель	Дуб	Береза	Ольха черная	Осина	Прочие	
1994 г.	59,6	70,8	82,1	55,7	55,3	43,6	9,7	<b>57,7</b>
2001 г.	71,3	75,1	97,4	60,9	61,8	52,6	17,1	<b>66,4</b>
2011 г.	83,7	85,0	100,0	68,0	72,5	59,5	27,2	<b>77,4</b>
2017 г.	90,5	89,8	106,4	73,7	79,5	64,1	29,1	<b>83,7</b>

Накопление углерода фитомассой лесов Беларуси на 1 га за 20-летие увеличилось в 1,45 раза (на 26 тС/га) и по состоянию на начало 2017 г. составило 83,7 тС/га. Выше среднего данный показатель в сосновой, еловой и дубовой формации (рисунок 3, 4).



**Рисунок 3 – Накопление углерода фитомассой лесов Беларуси на 1 га покрытых лесом земель (по состоянию на 01.01.1994 г.)**



**Рисунок 4 – Накопление углерода фитомассой лесов Беларуси на 1 га покрытых лесом земель (по состоянию на 01.01.2017 г.)**

Динамика прироста древесных запасов, как и в целом показателей лесного фонда, способствовала поглощению в значительных объемах углекислого газа и накоплению углерода компонентами лесной экосистемы Беларуси (таблица 14).

**Таблица 14 – Динамика накопления углерода лесными насаждениями Беларуси по компонентам лесного насаждения**

Компоненты лесного насаждения	Накоплено углерода на год учета, млн. тС			
	1994 г.	2001 г.	2011 г.	2017 г.
Стволовая древесина	293,4	359,3	430,6	477,8
Сучья и ветви	54,8	67,5	80,6	89,3
Хвоя и листья	21,0	25,4	30,1	33,2
Корни и пни = подземная фитомасса	51,2	62,6	74,8	83,0
Подрост и подлесок	0,5	0,7	0,8	0,9
Живой напочвенный покров	4,0	5,0	6,0	6,7
Валеж и сухостой = мертвая древесина	2,2	2,7	3,0	3,4
30-см слой почвы	794,8	840,6	851,1	919,6
<i>в том числе 10-см слой почвы</i>	264,9	280,2	283,7	306,5
Лесная подстилка	36,3	43,4	51,2	56,7
<b>Итого</b>	<b>1258,4</b>	<b>1407,2</b>	<b>1528,2</b>	<b>1670,6</b>

Лесоуглеродный пул, включающий углерод, накопленный в подземной и надземной фитомассе, в мертвой древесине, в лесной подстилке и в 30-см слое почвы по состоянию на 01.01.2017 г. составляет 1670,6 млн. тС (*углерод в 30-см слое почвы рассчитывается на основании лесопокрытой площади по типам леса с использованием уравнения, рекомендованного Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов*).

Основная доля углерода (55,0%) накоплена в 30-см слое почвы. Надземной биомассой лесов депонировано 36,4% углерода (*фитомасса надземная включает стволую древесину, сучья и ветви, хвою и листья, подрост и подлесок и живой напочвенный покров и составляет 607,9 млн. тС или 36,4%*), лидирующее положение по накоплению углерода среди надземной биомассы занимает стволая древесина (63,4%). Наименьшее количество – 0,2% – накоплено мертвой древесиной (валеж+сухостой), это объясняется периодической уборкой захламленности и валежной древесины в белорусских лесах. В наиболее активную форму биокруговорота вовлечено 1057,5 млн. тС или 63,3% от общего депонированного углерода (таблица 15) (*в наиболее активную форму биокруговорота вовлечены фитомасса надземная, фитомасса подземная, мертвая древесина, лесная подстилка и 10-см слой почвы*).

**Таблица 15 – Депонирование углерода, вовлеченного в активную форму биокруговорота, лесными насаждениями Беларуси по основным пулам**

Пул	Накоплено углерода на год учета, млн. тС			
	1994 г.	2001 г.	2011 г.	2017 г.
Фитомасса надземная	373,8	458,0	548,0	607,9
Фитомасса подземная	51,2	62,6	74,8	83,0
Мертвая древесина	2,2	2,7	3,0	3,4
Лесная подстилка	36,3	43,4	51,2	56,7
Верхний 10-см слой почвы	264,9	280,2	283,7	306,5
<b>Итого количество углерода, вовлеченного в активную форму биокруговорота</b>	<b>728,5</b>	<b>846,8</b>	<b>960,8</b>	<b>1057,5</b>
<i>– в том числе на 1 га лесопокрытой площади, тС/га</i>	98,8	107,9	119,4	128,0

**Таблица 15а – Лесоуглеродный пул покрытых лесом земель Беларуси по типам леса (по состоянию на 01.01.2017 г.)**

млн. тС

Серия типов леса	Фитомасса		Мертвая древесина	Лесная подстилка	Органический углерод почвы			Углеродный пул лесных земель
	надземная	подземная			подвижный	стабильный	законсервированный (торф)	
Вересковая	16,7	2,3	0,1	2,2	1,2	2,4	0,0	24,9
Брусничная	1,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	1,7
Мшистая	143,0	19,7	0,8	19,1	18,0	36,1	0,0	236,7
Орляковая	99,2	13,6	0,6	11,4	16,3	32,5	0,0	173,6
Кисличная	95,4	13,3	0,6	7,8	25,3	50,5	0,0	192,9
Черничная	103,9	14,3	0,5	10,1	36,9	73,8	0,0	239,4
Долгомошная	14,9	2,0	0,1	1,1	35,4	70,7	176,8	301,0
Багульниковая	4,7	0,6	0,0	0,6	10,2	20,3	101,6	138,0
Осоковая	20,3	2,7	0,1	0,6	41,6	83,1	498,9	647,2
Сфагновая	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	1,7	10,2	13,0
Осоково-сфагновая	13,6	1,9	0,1	1,7	14,9	29,9	179,3	241,3
Снытевая	14,9	2,0	0,1	0,6	13,1	26,1	0,0	56,8
Крапивная	9,9	1,3	0,0	0,2	21,5	43,0	128,9	204,7
Папоротниковая	52,0	6,9	0,2	0,8	49,2	98,5	344,6	552,2
Приручейно-травяная	2,9	0,4	0,0	0,1	4,9	9,7	9,7	27,7
Злаково-пойменная	2,7	0,4	0,0	0,1	0,7	1,5	1,5	6,9
Таволговый	12,5	1,6	0,1	0,2	16,5	33,1	148,8	212,7
<b>Итого</b>	<b>607,9</b>	<b>83,0</b>	<b>3,4</b>	<b>56,7</b>	<b>306,5</b>	<b>613,1</b>	<b>1600,3</b>	<b>3270,9</b>

Формирование общего лесоуглеродного пула определяется продуктивностью фитомассы. В первых рядах (по состоянию на 01.01.2017 г.), с более высокой (93,8 – 89,1 т С/га) углеродопроductивностью,



последовательно размещаются леса следующих серий типов леса: орляковой – черничной – мшистой – папоротниковой – вересковой и брусничной. В нижнем ряду с углеродопродуктивностью 47,7-41,7 т С/га, т.е. в 1,9-2,0 раза меньше, размещаются насаждения серий типов леса: приручейно-травяной – долгомошной – багульниковой и осоковой; последнее место занимает сфагновая серия с крайне низкой (15,3 т С/га) углеродопродуктивностью. Продуктивность лесов остальных типов составляет 85,3-58,8 т С/га.

В этой связи можно было ожидать такую же зависимость по сериям типов леса в части общего накопления углерода всеми компонентами лесных экосистем. Однако, в этом случае наблюдается, скорее, противоположная закономерность: суходольные леса депонируют углерода значительно меньше, чем болотные. Это объясняется рядом причин:

- более высокая интенсивность древесинопользования в лесах по суходолу;

- более тяжелые по механическому составу и потому с более высоким поглощающим комплексом почвы при избыточном увлажнении в болотных лесах.

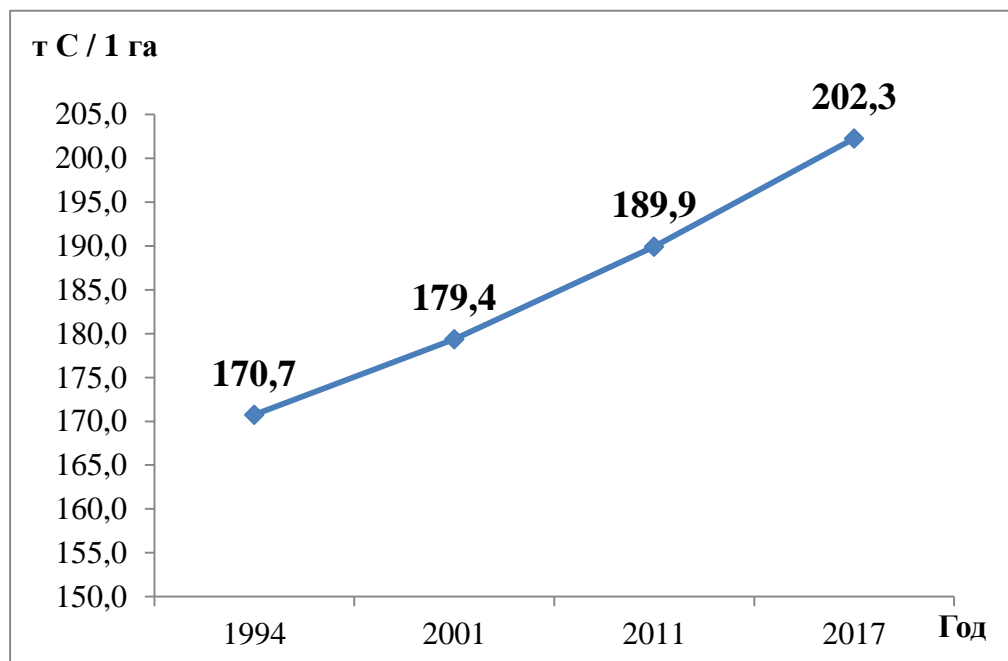
Следствием этого является ускоренная минерализация органического опада и повышенная интенсивность биокруговора в лесах по суходолу. В болотных лесах биокруговорот заторможен, органический опад консервируется и откладывается в виде почвенного гумуса и торфа.

Из анализа данных таблицы 10 вытекает закономерность устойчивой в течение последнего двадцатилетнего периода динамики стока атмосферного диоксида углерода: среднее за 1994–2017 гг. годовое депонирование углерода составило +1,85 т С/га·год, в том числе в болотных лесах +0,77 и по суходолу +1,36 т С/га·год.

Положительная динамика углерододепонирования характерна как для суходольных, так и болотных лесов Беларуси. Болотные леса в 4,5 раза менее продуктивны по показателю углерододепонирования фитомассой по сравнению с суходольными, что коррелирует с древесинопродуктивностью.

Прямо противоположная тенденция наблюдается в процессе консервации атмосферного углерода лесами. Суходольные леса Беларуси практически не способны в силу их легкого гранулометрического состава и невысокой влажности обеспечивать длительную консервацию органического углерода почвы. В то же время болотные леса Беларуси в настоящее время являются значительными хранилищами дополнительного секвестра углерода: приблизительно 1,6 млрд. тС при ежегодном приросте 0,48 т на каждом гектаре. Можно утверждать, что благодаря болотным лесам Беларуси потенциальный секвестр углерода составляет ежегодно 3,0 млн. т в эквиваленте атмосферного диоксида углерода.

За последние 2 десятилетия количество углерода, накопленного лесными насаждениями, возросло в 1,3 раза, количество углерода на 1 га лесопокрытой площади увеличилось на 31,5 тС/га (в 1,2 раза) (рисунок 5). (На рисунке 5 приведен расчет накопленного углерода всеми компонентами лесного насаждения на 1 га лесопокрытой площади (включая углерод, накопанный в 30-см слое почвы), а на рисунках 3 и 4 приведен расчет накопленного углерода фитомассой лесов на 1 га).



**Рисунок 5 – Накопление углерода лесными насаждениями на 1 га покрытой лесом площади**

**Таблица 16 – Депонирование углерода 1 га лесопокрытых земель Беларуси по компонентам лесного насаждения**

Компоненты лесного насаждения	Накопление углерода на 1 га $S_{\text{покр.лесом}}$ , тС/га			
	1994 г.	2001 г.	2011 г.	2017 г.
Стволовая древесина	39,8	45,8	53,5	57,9
Сучья и ветви	7,4	8,6	10,0	10,8
Хвоя и листья	2,8	3,2	3,7	4,0
Корни и пни	6,9	8,0	9,3	10,0
Подрост и подлесок	0,1	0,1	0,1	0,1
Живой напочвенный покров	0,5	0,6	0,8	0,8
<b>Итого фитомасса лесов</b>	<b>57,7</b>	<b>66,4</b>	<b>77,4</b>	<b>83,7</b>
Валеж и сухостой	0,3	0,3	0,4	0,4
Лесная подстилка	4,9	5,5	6,4	6,9
30-см слой почвы	107,8	107,1	105,8	111,3
<b>Всего</b>	<b>170,7</b>	<b>179,4</b>	<b>189,9</b>	<b>202,3</b>

Накопление углерода в лесной экосистеме определяется величиной и знаком (+/-) истинного фотосинтеза лесных насаждений. За анализируемый период есть основания утверждать о превышении суммарного фотосинтеза растительного компонента лесного насаждения над дыханием растений и разложением фитодетрита («почвенное дыхание»). Как итог такой динамики окислительно-восстановительных процессов в лесной экосистеме Беларуси, прирост депонированного лесами углерода (за последние два десятилетия) составил, как минимум, 412 млн. тС: 287,4 млн. тС – прирост углерода в лесных насаждениях и около 125 млн. тС – прирост органического углерода в почвах лесных земель. Можно сказать, что лесами Беларуси за 1994–2017 гг. «изъято» из атмосферы, депонировано в древесине и других компонентах лесной экосистемы один с половиной миллиард тонн диоксида углерода (1511,4 млн. тCO<sub>2</sub>)  $((1670,6-1258,4)/23) \times 44/12 = 1511,4 \text{ млн. тCO}_2$ . Приведенные к единице площади показатели углерододепонирующей продуктивности белорусских лесов значительно превышают аналогичные для европейских лесов (таблица 17) [11].

**Таблица 17 – Тенденции накопления углерода лесами Беларуси и Европы, 1990–2017 гг.**

Показатели	Беларусь <sup>*)</sup>				Европа (без учета РФ и РБ)			
	1994	2001	2011	2017	1990	2000	2005	2010
Общее накопление (млн. тонн С)	729	847	961	1058	29827	32174	33046	34108
Накопление одним гектаром (тонн С/га)	98,8	107,9	119,4	128,0	172,0	177,7	197,1	181,5
Общее ежегодное изменение, общий прирост (млн. тонн С/год)	–	16,9	11,4	16,2	–	234,7	174,4	212,4
Ежегодное изменение, прирост на один гектар (тонн С/га·год)	–	2,15	1,42	1,96	–	1,30	0,95	1,13

*\*) Приведены данные по углероду, вовлеченному в активный биокруговорот (лесное насаждение плюс органический углерод в 10-см слое почвы)*

Ежегодное изменение накопления углерода лесными насаждениями Беларуси на 1 га в 1,7 раза превышает аналогичный показатель у мировых лесов. Динамика накопления углерода одним гектаром лесных насаждений Беларуси устойчиво положительная с приростом этого показателя 1,27 тС/га·год  $((128,0 - 98,8)/23 = 1,27 \text{ тС/га}\cdot\text{год})$ . По европейским лесам на фоне положительной составляющей общего углерододепонирования данный

показатель значительно ниже и составляет 0,48 тС/га·год ( $(181,5 - 172,0)/23 = 0,48 \text{ тС/га}\cdot\text{год}$ ). Т.е. сегодня можно утверждать о более высокой эффективности работы лесохозяйственной отрасли в части проведения мероприятий по повышению продуктивности лесов, чем это имеет место в европейских странах.

Количественное выражение важнейших функций лесов как накопителей, источников выделения и стоков углерода стало одним из ключевых элементов в понимании и оказании влияния на глобальный углеродный цикл. Согласно оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата, бореальные леса ежегодно поглощают около 1 млрд. тонн CO<sub>2</sub>.

#### IV. Углеродный баланс лесов Республики Беларусь

Углеродный баланс лесов не является стабильным во временном аспекте, что связано с динамикой древесных запасов и размерами древесинопользования. Сокращение прироста площадей лесных земель, сдвиг возрастной структуры лесов в сторону увеличения площадей припевающихся и спелых лесов, увеличение лесозаготовок за счет рубок главного пользования могут реально изменить углеродный баланс, направить нетто-поток углерода в сторону атмосферы. Сегодня мониторинг за формированием лесоуглеродных единиц, механизм их расчета становится актуальной задачей лесохозяйственной отрасли республики. Отрицательный углеродный баланс лесной экосистемы Беларуси в условиях возрастающего в мире напряжения по выбросам в атмосферу парниковых газов может оказаться неприятной проблемой лесохозяйственной отрасли страны.

В основу расчета углеродных пулов лесов республики положен конверсионный подход, исходя из содержания углерода в единице древесного запаса. Конверсионный подход отвечает рекомендациям МГЭИК, используется в лесном хозяйстве Республики Беларусь, а также и в других странах. Сведения о древесных запасах получены из материалов государственного учета лесного фонда, государственного лесного кадастра и лесного мониторинга Республики Беларусь. Сведения о глубине торфа для серий типов леса приняты посредством усреднения этого показателя из пробных площадей Л.П. Смоляка [14] и материалов обследования торфяного фонда [15].

В целях мониторинга сведения об углеродных балансах лесов Республики Беларусь целесообразно представить по форме таблицы 18.

**Таблица 18 – Углеродный баланс лесов Республики Беларусь**

Показатели, млн. тС		По состоянию на год			
Шифр		1994	2001	2011	2017
1	2	3	4	5	6
Пул лесной	Общее содержание углерода в лесной экосистеме (углерод фитомассы лесов, органический углерод 30-сантиметрового слоя почвы лесных земель, углерод лесной подстилки и углерод валежной древесины) Республики Беларусь	1258,4	1407,2	1528,2	1670,6
Пул 1	Содержание углерода в фитомассе сосновой формации Республики Беларусь	232,7	280,9	337,6	375,2

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6
Пул 2	Содержание углерода в фитомассе еловой формации Республики Беларусь	55,0	59,2	63,8	69,1
Пул 3	Содержание углерода в фитомассе дубовой формации Республики Беларусь	20,0	25,5	28,2	30,2
Пул 4	Содержание углерода в фитомассе березовой формации Республики Беларусь	74,3	99,2	125,9	140,8
Пул 5	Содержание углерода в фитомассе черноольховой формации Республики Беларусь	32,4	39,8	50,0	56,2
Пул 6	Содержание углерода в фитомассе осиновой формации Республики Беларусь	7,1	8,8	10,2	11,8
Пул 7	Содержание углерода в фитомассе прочих формаций Республики Беларусь (лиственничной, грабовой, ясеневой, кленовой, ильмовых, сероольховой, липовой, тополевой, древовидноивовой, яблоневого и проч.)	3,5	7,1	7,2	7,6
Пул 8	Содержание углерода в стволовой древесине лесов Республики Беларусь	293,4	359,3	430,6	477,8
Пул 9	Содержание углерода в сучьях и ветвях древостоев Республики Беларусь	54,8	67,5	80,6	89,3
Пул 10	Содержание углерода в хвое или листьях древостоев Республики Беларусь	21,0	25,4	30,1	33,2
Пул 11	Содержание углерода в корнях и пнях древостоев Республики Беларусь	51,2	62,6	74,8	83,0
Пул 12	Содержание углерода в подросте и подлеске лесов Республики Беларусь	0,5	0,7	0,8	0,9
Пул 13	Содержание углерода в живом напочвенном покрове лесов Республики Беларусь	4,0	5,0	6,0	6,7
Пул 14	Общее содержание углерода в фитомассе лесов Республики Беларусь	425,0	520,5	622,9	690,9
Пул 15	Общее содержание органического углерода в 30-сантиметровом слое почвы лесных земель Республики Беларусь	794,8	840,6	851,1	919,6
Пул 16	Общее содержание углерода в лесной подстилке лесов Республики Беларусь	36,3	43,4	51,2	56,7
Пул 17	Общее содержание углерода в валежной лежащей (валеж) древесине лесов Республики Беларусь	0,6	0,7	0,8	1,0

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6
Пул 18	Общее содержание углерода в валежной стоящей (сухостой) древесине лесов Республики Беларусь	1,6	1,9	2,1	2,4
±Δ С	Годичный (или среднепериодический годичный) поток углерода, в эквиваленте млн. тС/год	–	21,3	12,1	23,7
±Δ CO <sub>2</sub>	Годичный (или среднепериодический годичный) поток углекислого газа, в эквиваленте млн. тCO <sub>2</sub> /год	–	77,9	44,4	87,1

Среднее годовое депонирование общего содержания углерода лесами Республики Беларусь за 1994-2017 гг. (23 года) составило +17,9 млн. тС/год ( $(1670,6 - 1258,4)/23 = 17,9$  млн. тС/год). Заметна устойчивая со знаком «плюс» тенденция депонирования, то есть имеет место поглощение («сток», «абсорбция») атмосферного углерода лесами. Среднепериодическое годовое депонирование в периоде 2001 – 2017 гг. (16 лет) +16,5 млн. тС/год ( $(1670,6 - 1407,2)/16 = 16,5$  млн. тС/год).

Расчет годового (или среднепериодического годового) потока углерода фитомассы в разрезе преобладающих пород и компонентов лесных насаждений представлен в таблицах 19 и 20. Годовое депонирование углерода фитомассой лесных насаждений за анализируемый период составило +11,6 млн. тС/год или +1,13 тС/га·год (таблица 19, 20).

**Таблица 19 – Расчет годовых потоков углерода фитомассы в разрезе преобладающих древесных пород**

Показатели	Пул углерода фитомассы (пул 14) в разрезе преобладающих пород, млн. тС							Общий пул углерода в лесах, млн. тС
	Сосна	Ель	Дуб	Береза	Ольха черная	Осина	Прочие	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Депонирование углерода – 1994 г.	232,66	55,05	20,03	74,27	32,37	7,11	3,52	425,01
Депонирование углерода – 2017 г.	375,19	69,13	30,25	140,78	56,23	11,79	7,57	690,94
Годичный поток углерода, млн. тС/год	+6,20	+0,61	+0,44	+2,89	+1,04	+0,20	+0,18	<b>+11,56</b> <small>(690,94-425,01)/23</small>

## Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Депонирование углерода 1 га 1994 г., тС/га	59,6	70,8	82,1	55,7	55,3	43,6	9,7	57,7
Депонирование углерода 1 га 2017 г., тС/га	90,5	89,8	106,4	73,7	79,5	64,1	29,1	83,7
Годичный поток углерода, тС/га·год	+1,34	+0,83	+1,06	+0,79	+1,05	+0,89	+0,84	<b>+1,13</b> (83,66-57,67)/23

**Таблица 20 – Расчет годовых потоков углерода фитомассы в разрезе компонентов лесных насаждений**

Показатели	Пул углерода фитомассы (пул 14) в разрезе компонентов лесных насаждений, млн. тС						Общий пул углерода в лесах, млн. тС
	Стволовая древесина	Сучья и ветви	Хвоя или листья	Корни и пень	Подрост и подлесок	Живой напочвенный покров	
Депонирование углерода – 1994 г.	293,44	54,83	21,01	51,19	0,55	4,00	425,01
Депонирование углерода – 2017 г.	477,82	89,29	33,25	83,00	0,89	6,70	690,94
Годичный поток углерода, млн. тС/год	+8,02	+1,50	+0,53	+1,38	+0,01	+0,12	<b>+11,56</b> (690,94-425,01)/23
Депонирование углерода 1 га 1994 г., тС/га	39,81	7,44	2,85	6,95	0,07	0,54	57,67
Депонирование углерода 1 га 2017 г., тС/га	57,85	10,81	4,03	10,05	0,11	0,81	83,66
Годичный поток углерода, тС/га·год	+0,78	+0,15	+0,05	+0,13	+0,00	+0,01	<b>+1,13</b> (83,66-57,67)/23



## V. Прогноз увеличения поглощения выбросов парниковых газов лесами до 2030 и до 2050 годов

### *Прогноз древесных запасов на 2030 и 2050 годы*

Соблюдение традиционных принципов лесного хозяйства и реализация недоиспользуемых мероприятий по повышению древесной продуктивности позволяет ожидать следующую динамику древесных запасов в Республике Беларусь (таблица 21).

**Таблица 21 – Прогноз площади и запасов лесных насаждений Республики Беларусь**

Преобладающая порода	Площадь, тыс. га			Запас, млн. м <sup>3</sup>			Средний запас, м <sup>3</sup> /га		
	Годы учета								
	2017	2030	2050	2017	2030	2050	2017	2030	2050
Сосна	4145	4640	5400	986	1155	1458	238	249	270
Ель	769	847	740	196	224	204	255	265	275
Прочие хвойные	2	60	120	0,1	7	15	98	110	125
Дуб	284	350	500	51	70	108	180	200	215
Прочие твердолиственные	50	60	100	9	11	21	172	190	205
Береза	1910	1600	1275	330	296	223	173	185	175
Осина	184	130	100	37	28	23	201	215	230
Ольха серая	154	90	80	23	14	13	148	150	160
Ольха черная	707	700	700	138	151	161	195	215	230
Прочие мягколиственные	54	35	35	2	2	3	53	63	90
<b>Итого</b>	<b>8259</b>	<b>8512</b>	<b>9050</b>	<b>1772</b>	<b>1958</b>	<b>2228</b>	<b>215</b>	<b>230</b>	<b>246</b>
Лесистость, %	39,8	41,0	43,6						

Ожидается увеличение площадей хвойных (+27,3%), в том числе сосновой формации (+30,3%) и дубовой формации (+76,1%). Сократится площадь еловой (-3,8%), березовой (-33,2%), осиновой (-45,7%) и черноольховой формаций (-1,0%).

Прогноз динамики запасов лесных насаждений Беларуси позволяет надеяться на их увеличение: 2017 г. – 1772 млн. м<sup>3</sup>, 2030 г. – 1958 млн. м<sup>3</sup>, 2050 г. – 2228 млн. м<sup>3</sup>. Прогнозируется повышение продуктивности лесов: средний запас насаждений 2017 г. – 215 м<sup>3</sup>/га, 2030 г. – 230 м<sup>3</sup>/га, 2050 г. – 246 м<sup>3</sup>/га.

**Таблица 21а – Прогноз площади лесных насаждений Республики Беларусь по типам леса**

Серии типов леса	Площадь, тыс. га		
	2017 г.	2030 г.	2050 г.
Вересковая	211,7	234,4	270,0
Брусничная	14,6	15,9	17,8
Мшистая	1745,8	1937,8	2228,0
Орляковая	1203,0	1282,3	1402,9
Кисличная	1231,1	1253,0	1254,8
Черничная	1265,7	1308,8	1374,2
Долгомошная	405,7	398,5	400,1
Багульниковая	111,1	124,3	144,7
Осоковая	530,6	491,7	470,5
Сфагновая	10,1	11,2	13,0
Осоково-сфагновая	176,3	189,8	212,6
Снытевая	270,6	252,1	278,8
Крапивная	131,7	125,5	122,8
Папоротниковая	645,6	583,8	540,5
Приручейно-травяная	55,6	49,4	43,0
Злаково-пойменная	33,4	39,6	56,3
Таволговый	216,8	213,7	220,1
<b>Итого</b>	<b>8259,4</b>	<b>8511,9</b>	<b>9049,9</b>

Динамика лесопокрытой площади и общих запасов лесов зависит от расчетной лесосеки – размера рубки спелых насаждений. В данном прогнозе (таблица 21) использование лесосечного фонда на период 2017–2050 гг. принято равным 60% (доля вырубленных запасов спелых насаждений от их наличия). Объективная необходимость сохранить 40% запасов спелых лесов заключается в следующем.

По данным Государственного Лесного кадастра Республики Беларусь на 01.01.2017 г. из общего запаса спелых насаждений 295,96 млн. м<sup>3</sup> не включены в расчет размера главного пользования 57,5 млн. м<sup>3</sup>. Следовательно, 20% возможного объема запасов лесосечного фонда исключено из главного пользования лесом по природоохранным соображениям (особо охраняемые природные территории, особо защитные участки леса). Доля таких лесов будет возрастать. Также значительные объемы древесных запасов относятся к труднодоступным. Спелые древостои в зоне радиоактивного загрязнения с плотностью по <sup>137</sup>Cs от 15 до 40 Ки/км<sup>2</sup> относятся к резервным для заготовки древесины.

Считаем предложенную величину использования лесосечного фонда – 60% – целесообразной, обоснованной и способной обеспечить непрерывное и неистощительное ведение лесного хозяйства.

***Прогноз и динамика поглощения атмосферного диоксида углерода землями лесного фонда Республики Беларусь***

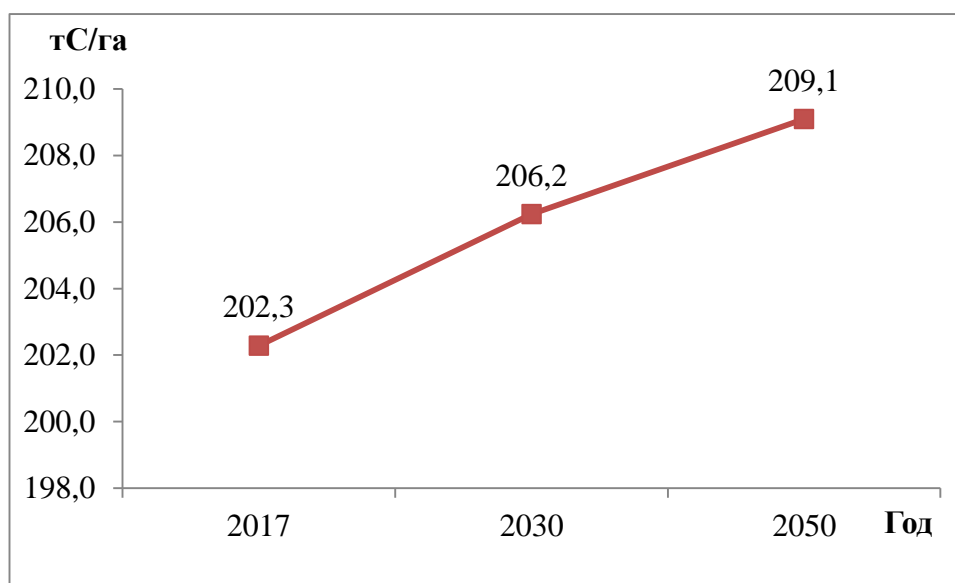
Углеродный баланс не является постоянной величиной, что связано с динамикой лесопокрытой площади, древесных запасов и размерами древесиныпользования.

Прогноз и динамика поглощения атмосферного диоксида углерода лесными насаждениями Беларуси на период 2017–2030–2050 гг. представлен в таблице 22.

**Таблица 22 – Прогноз динамики накопления углерода лесными насаждениями**

Компоненты лесного насаждения и виды лесных земель	Содержание углерода на год учета, млн. тС		
	2017	2030	2050
1	2	3	4
Древостой	600,4	664,0	755,9
<i>В том числе:</i>			
- стволовая древесина;	477,8	527,5	599,2
- сучья и ветви;	89,3	100,3	117,9
- хвоя и листья.	33,2	36,2	38,8
Подрост и подлесок	0,9	1,0	1,1
Живой напочвенный покров	6,7	7,3	8,5
Корни	83,0	91,9	104,6
<i>Итого депонирование углерода фитомассой лесных насаждений</i>	<i>690,9</i>	<i>764,1</i>	<i>870,1</i>
Валеж и сухостой	3,4	3,9	4,3
Лесная подстилка	56,7	65,7	79,4
Органический углерод 30-см слоя почвы земель лесного фонда	919,6	921,7	938,6
<b>ИТОГОВЫЙ ПУЛ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА</b>	<b>1670,6</b>	<b>1755,5</b>	<b>1892,4</b>

Из данных вышеприведённого прогноза следует вывод о положительной динамике поглощения углерода лесопокрытыми землями Республики Беларусь на ближайшую перспективу до 2050 года.



**Рисунок 6 – Прогноз накопление углерода лесными насаждениями на 1 га покрытой лесом площади**

Расчет накопления углерода лесными насаждениями на 1 га покрытой лесом площади = Итоговый пул земель лесного фонда/лесопокрытую площадь:

**2017 г.**

$$\frac{1670,6 \text{ млн. тС}}{8259,4 \text{ тыс. га}} \times 1000 = 202,3 \text{ тС/га}$$

**2030 г.**

$$\frac{1755,5 \text{ млн. тС}}{8512 \text{ тыс. га}} \times 1000 = 206,2 \text{ тС/га}$$

**2050 г.**

$$\frac{1892,4 \text{ млн. тС}}{9050 \text{ тыс. га}} \times 1000 = 209,1 \text{ тС/га}$$

При сохранении действующего порядка установления расчетной лесосеки по рубкам главного пользования (за счет накопления спелых насаждений) **прогнозируется снижение среднепериодического изменения запаса насаждений (снижение ежегодного прироста) с 2,91 м<sup>3</sup>/га·год (1994-2017 гг.) до 0,94 м<sup>3</sup>/га·год в период 2017–2050 гг.** Тем самым ожидается снижение объемов среднепериодического годового поглощения лесами атмосферного диоксида углерода.

Среднепериодическое годовичное депонирование составит в расчете на один гектар земель лесного фонда в 2017–2030 гг. ·год и в 2031–2050 гг. – 0,14 тС/га·год и совокупно за 2017–2050 гг. – 0,21 тС/га·год. В сравнении с

периодом 1994–2017 гг. прогнозируется сокращение годового углерододепонирования на землях лесного фонда. Это следовало ожидать по причине сложившейся возрастной структуры лесов Беларуси (в 2017-2050 гг. будут преобладать приспевающие и спелые насаждения).

*Расчет среднепериодического годового депонирования:*

*2017-2030 гг.*

$$(206,2-202,3)/13 = 0,30 \text{ тС/га}\cdot\text{год.}$$

*2030-2050 гг.*

$$(209,1-206,2)/20 = 0,14 \text{ тС/га}\cdot\text{год.}$$

*2017-2050 гг.*

$$(209,1-202,3)/33 = 0,21 \text{ тС/га}\cdot\text{год.}$$

Истекший период (1994–2017 гг.) отличался масштабным лесоразведением, преобладанием молодняков и средневозрастных насаждения с относительно невысокими средними запасами, но значительным потенциалом для прироста запаса и соответственно для депонирования органического углерода. Это способствовало росту накопления углерода на лесопокрытых землях лесного фонда за 1994–2017 гг., ориентировочно, на 0,4 млрд. тС с приростом 1,37 тС/га·год в среднем, в том числе 1,27 тС/га·год – прирост углерода, вовлеченного в активный биокруговорот (лесное насаждение + органический углерод в 10-см слое почвы).

*Накопление углерода за период 1994–2017 гг.*

$$\frac{1670,6 \text{ млн.тС} - 1258,4 \text{ млн.тС}}{1000} = 0,4 \text{ млрд.тС}$$

*Прирост накопленного углерода на 1 га за период 1994–2017 гг.*

$$\frac{202,3 \text{ тС/га} - 170,7 \text{ тС/га}}{23} = 1,37 \text{ тС/га}\cdot\text{год}$$

В прогнозируемом периоде (2017–2050 гг.) возрастная структура лесов Беларуси изменится с вектором наоборот: будут преобладать приспевающие и спелые насаждения, созданные в первые послевоенные и последующие годы с высокими средними запасами на единицу площади, но с меньшим потенциалом для прироста древесной массы.

В прогнозируемом периоде увеличится расчетная лесосека, поскольку ожидается значительный прирост спелых насаждений: 2017 год – 296 млн. м<sup>3</sup>, прогноз на 2050 год – 1442 млн. м<sup>3</sup> (в случае недопущения рубки спелых насаждений). Леса, выполняют многообразные функции, как социально-экологические так, и древесинообразующую. В допустимых размерах леса подвергаются рубкам в целях заготовки древесины. Принципы рационального лесопользования запрещают рубку приспевающих насаждений, не рекомендуют накопление перестойных насаждений, ограничивают размер рубки годовым приростом древесных запасов.

Прогнозируемая расчетная лесосека предполагает рубку спелых древостоев в объеме 495 млн. м<sup>3</sup>. Вырубленные древостои будут восстановлены. Общий запас молодняков на восстановленных вырубках спелых насаждений составит за этот период порядка 106 млн. м<sup>3</sup>. Разность вырубаемых и восстановленных запасов за 2017–2050 гг. составит, ориентировочно, 389 млн. м<sup>3</sup>. Эти потери древесных запасов в системе «рубка–лесовозобновление» будут частично компенсированы недоиспользованным при рубках промежуточного пользования лесом в средневозрастных и частично приспевающих насаждениях. При этом сохраняется положительная величина годового углероддепонирования лесами. Следовательно, на 2017–2050 гг. будет иметь место «сток» атмосферного диоксида углерода на землях лесного фонда Республики Беларусь.

Далее о единицах абсорбции углекислого газа, на величину которой можно рассчитывать в системе «сток–эмиссия» парниковых газов на ближайшую перспективу (таблица 23).

**Таблица 23 – Поглощение углекислого газа на землях лесного фонда Республики Беларусь**

Наименование углеродных пулов	Поглощение (абсорбция) атмосферного диоксида углерода по периодам, млн. тСО <sub>2</sub>			Среднепериодическое годовое депонирование (абсорбция) атмосферного диоксида углерода по периодам, млн. тСО <sub>2</sub> /год		
	2017–2030 гг.	2031–2050 гг.	2017–2050 гг.	2017–2030 гг.	2031–2050 гг.	2017–2050 гг.
1. Пул лесной	311 <i>(1755,5-1670,6)×44/12</i>	502	813	23,9 <i>(311/13=23,9)</i>	25,1 <i>(502/20=25,1)</i>	24,6 <i>(813/33=24,6)</i>
2. Фитомасса лесов (Пул 14)	268 <i>(764,1-690,9)×44/12</i>	389	657	20,6	19,4	19,9
3. Фитомасса стволовой древесины (Пул 8)	182 <i>(527,5-477,8)×44/12</i>	263	445	14,0	13,2	13,5

Абсорбция углекислого газа на 84% обеспечивается за счет фитомассы лесов, главным образом за счет образования стволовой древесины (60% от поглощения СО<sub>2</sub> землями лесного фонда).

На основании данных кадастра выбросов парниковых газов и их абсорбции поглотителями, представленного Республикой Беларусь в секретариат РКИК ООН в 2017 году, а также прогнозных данных по

выбросам и поглощению с учетом выполнения обязательств по пунктам 1, 19 статьи 4 Парижского соглашения, проведен анализ обязательств, вытекающих из Парижского соглашения, который приведен в таблице 24 ниже.

**Таблица 24 – Фактические и прогнозные данные по выбросам и поглощению парниковых газов с учетом выполнения обязательств Республикой Беларусь, млн. т CO<sub>2</sub> экв.**

	1990 базовый год	2015 факт	2030 с учетом Указа Президента Республики Беларусь от 16 ноября 2015 года № 461	2030, интерполяция данных за 2014-2050 с целью достижения баланса к 2050 году	2050, баланс
Выбросы	133,5	89	96,1 (-28% от уровня 1990 года)	74,2	43
Поглощение	-26,4	-17,6	обязательства не брались	-23,9 (по общему пулу) -20,6 (по фитомассе) -31,8 (требуется для достижения баланса к 2050)	-55 очень оптимистический сценарий -43 срединный сценарий -27 пессимистический сценарий
Итого	109,1	71,4		53,6 (при -20,6)	

Анализ таблицы показывает, что:

исходя из прогноза площади и запасов лесных насаждений Республики Беларусь не просматривается существенного увеличения поглощения парниковых газов, абсорбция парниковых газов поглотителями увеличивается на 6,3 млн. т CO<sub>2</sub> экв. за 2017-2030 годы и не достигает необходимого значения -31,8 млн. т CO<sub>2</sub> экв.;

исходя из прогноза площади и запасов лесных насаждений Республики Беларусь при сохранении текущего подхода к соблюдению традиционных принципов лесного хозяйства и реализации стандартных мероприятий по повышению древесной продуктивности абсорбция

парниковых газов поглотителями к 2050 году составит -25,1 млн. т CO<sub>2</sub> экв. (пессимистический сценарий согласно таблице). Другими словами, при таком подходе не будет достигнута сбалансированность между антропогенными выбросами из источников и абсорбцией поглотителями парниковых газов  $43-25=18$  (согласно пунктам 1, 19 статьи 4 Парижского соглашения и пункту 35 решения 1/CP.21 Сторонам следует предоставить Стратегии долгосрочного развития с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года, основной целью которых является достижение сбалансированности между антропогенными выбросами из источников и абсорбцией поглотителями парниковых газов).

С учетом изложенного, необходимо в государственную программу Белорусский лес внести следующие изменения и дополнения.

В разделах «Мероприятия подпрограммы 1» и «Ожидаемые результаты реализации подпрограммы 1» следует изменить значение показателя «Увеличение среднего запаса лесных насаждений до 210 куб. метров на 1 гектар», ввиду того обстоятельства, что его фактическое значение на 01.01.2017 составило 215 м<sup>3</sup>/га. Предлагаем установить значение данного показателя на уровне 220 м<sup>3</sup>/га к 2020 году.

Часть вторую главы 2 «Цель и задачи реализации государственной программы» следует дополнить задачей «Сокращение выбросов парниковых газов в результате обезлесения и деградации лесов, повышение роли сохранения лесов, увеличение накопления углерода в лесах».

В разделе «Основные задачи реализации подпрограммы 1» главы 3 «Направления реализации подпрограммы 1» задачу 4 дополнить словами «, направленные на увеличение накопления углерода в лесах».

Раздел «Мероприятия подпрограммы 1» главы 3 «Направления реализации подпрограммы 1» для задачи 4 подпрограммы 1 дополнить следующими мероприятиями:

увеличение проведения реконструктивных рубок малоценных и низкополнотных средневозрастных насаждений, доведя их объем в 2020 году до величины не менее 5000 га;

полное освоение расчетной лесосеки и увеличение площадей под молодняки;

увеличение проведения рубок ухода с целью перевода в хозяйственно-ценные (хвойные, твердолиственные) с объемом не менее 4000 га в год.

выбор систем и видов рубок главного пользования, предусматривающих возможность естественного воспроизводства главных пород (постепенные и выборочные рубки главного



пользования, сплошные рубки с сохранением подроста хвойных и твердолиственных пород).

## **VI. Перечень мероприятий по увеличению поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве**

Мероприятия по увеличению поглощения диоксида углерода в лесном хозяйстве можно разделить на следующие большие блоки:

- увеличение площади лесов;
- увеличение продуктивности лесных насаждений;
- оптимизация структуры лесов.

### ***Увеличение площади лесов***

Увеличение площади лесов возможно за счет более рационального использования земель лесного фонда, лесоразведения на передающихся от сельскохозяйственных организаций малопродуктивных земель и земель, заросших древесно-кустарниковой растительностью и не входящей в лесной фонд.

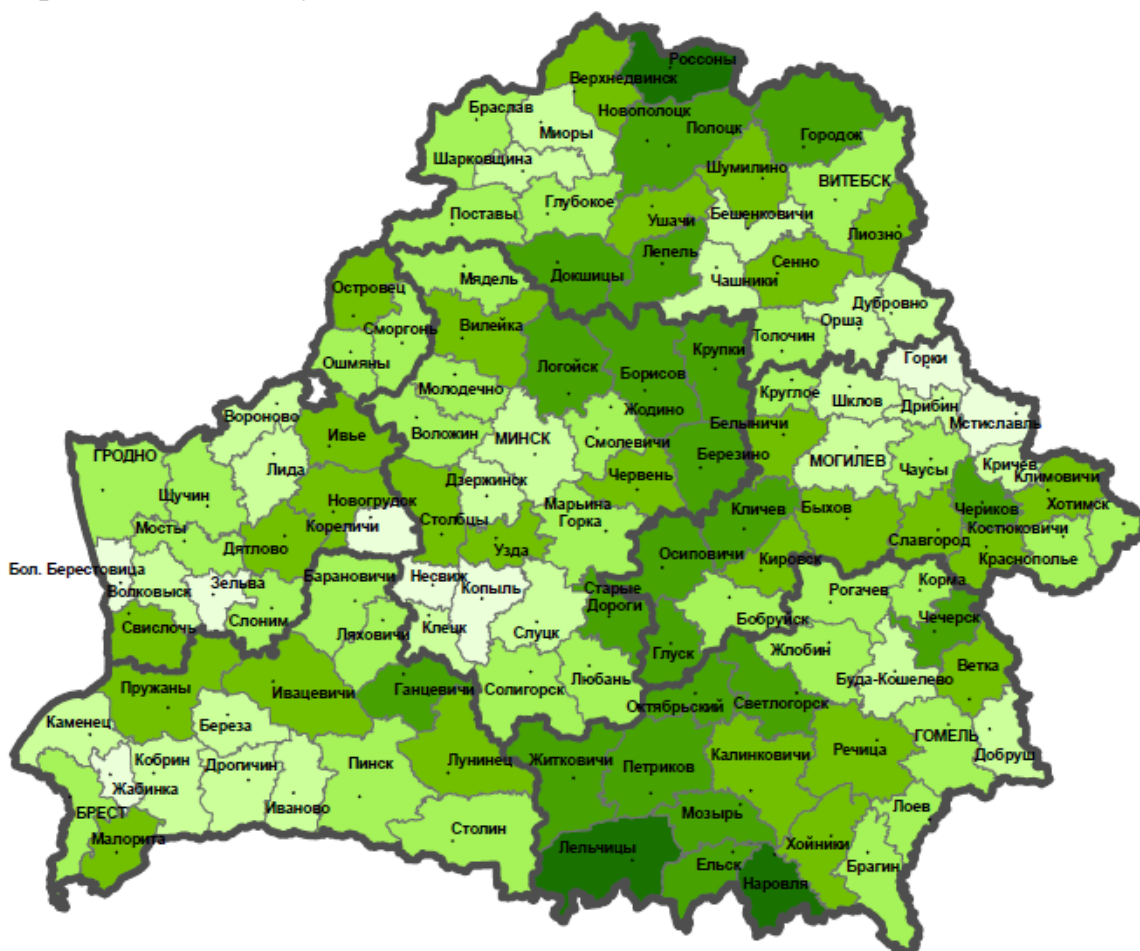
Лесистость Республики Беларусь на 1 января 2017 года составила 39,8% (рисунок 7). Вместе с тем отмечается неравномерная лесистость по административным регионам (от 10,1 до 65,5%), что требует проведения мероприятий на малолесной территории. Стратегическим планом [17] определена задача – осуществлять лесоразведение на нелесных землях лесного фонда с тем, чтобы в 2030 году лесистость территории достигла не менее 41%, т.е. площадь покрытых лесом земель должна составить 8511,6 тыс. га, или увеличится на 252,2 тыс. га.

Для достижения лесистости к 2030 году в 41,0%, при условии своевременного перевода всех созданных лесных культур в покрытые лесом земли, необходимо увеличивать объемы создания лесных культур и проводить их на площади не менее 35-38 тыс. га.

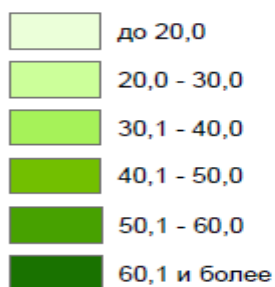
По информации облисполкомов имеется объективная необходимость в передаче участков низкопродуктивных сельскохозяйственных земель под лесное хозяйство на площади 119,8 тыс. га, из них 92,1 тыс. га – под лесоразведение. Использование малопродуктивных и убыточных для земледелия участков сельскохозяйственных земель – является резервом для лесоразведения.

Площадь древесно-кустарниковой растительности (далее – ДКР), не отнесенной к лесам, составляет около 520 тыс. га. ДКР в соответствии с лесным законодательством не относят к лесному фонду. Однако по размерам участков ДКР (от 1,0 до 50 га и более), ее структуре и выполняемым функциям она вполне обоснованно может быть включена в расчет лесистости

и необходимо в каждом конкретном случае провести ее обследование и определить ее статус.



**Лесистость территории, процентов:**



**Рисунок 7 – Лесистость территории по районам на 1 января 2017 года**

Кроме того исходя из определения Рамочной конвенции ООН по изменению климата (РКИК) – лесом считается:

*«Лесом называется территория минимальной площадью 0,05–1,0 га с лесным древесным покровом (или эквивалентным уровнем накопления), при этом более 10–30% деревьев должны быть способны достигнуть минимальной высоты в 2–5 м в период созревания на местах. Лес может состоять либо из закрытых лесных формаций ... либо из открытых лесных формаций (редколесий). Включаются в понятие леса ... лесные земли, ... которые временно не покрыты лесом в результате вмешательства человека*

... или естественных причин, но которые ... будут вновь превращены в леса».

Совершенно ответственно можно сказать, что категории земель лесного фонда, которые перечислены в таблице 5а, полностью соответствуют категории «лес», а также к ней можно отнести и ДКР. Данные о площади по категориям земель и ДКР по состоянию на 01.01.2017 приведены в таблице 19.

**Таблица 25 – Категории земель соответствующие определению РКИК**

Категория лесных земель	Площадь, тыс. га
Лесные питомники и плантации	5,3
Несомкнувшиеся лесные культуры	183,7
Гари, погибшие насаждения	7,0
Прогалины, пустыри	128,95
Вырубки	125,2
Древесно-кустарниковая растительность	520,0
<b>ВСЕГО</b>	<b>970,15</b>

Признание данных категорий земель лесом позволит более объективно учитывать возможности республики по поглощению парниковых газов в лесном хозяйстве.

Увеличение лесистости республики до 44 % и доведение площади покрытых лесом земель до 9134,4 тыс. га, т.е. увеличение с 2030 года по 2050 год на 622,8 тыс. га представляется сложно реализуемым проектом в связи с недостатком, а в настоящее время отсутствием земельных участков указанной площади для создания лесов и необходимостью ежегодного проведения дополнительного лесоразведения на площади около 30 тыс.га.

### ***Увеличение продуктивности лесных насаждений***

Лесное хозяйство Беларуси применяет различные мероприятия по повышению продуктивности лесов, среди основных следует отметить следующие:

– сокращение сроков лесовосстановления не покрытых лесом земель на вырубках, гарях и т.п. до 1-2 лет. В соответствии со статьей 28 Лесного кодекса лесовосстановление на землях лесного фонда, пригодных по лесорастительным условиям для создания лесных культур, проводится в трехлетний срок со дня подписания акта освидетельствования лесосеки;

– выбор главных пород и целевых составов лесных культур и насаждений на основе почвенно-типологических лесорастительных условий;

– создание лесных культур крупномерным посадочным материалом,

посадочным материалом с закрытой корневой системой

– увеличение доли посева и посадки лесных культур на генетико-селекционной основе в общей площади лесовосстановления и лесоразведения до 50 процентов;

– реконструкция малоценных и низкополнотных (полнотой 0,5 и ниже) хвойных молодняков и средневозрастных насаждений;

– увеличение объемов проведения несплошных рубок главного пользования с ориентацией на природные методы лесовозобновления целевых (главных) древесных пород и сокращение оборота рубки на 5-7 и более лет. Выявление приспевающих насаждений, где возможно обеспечить естественное возобновление коренных пород под пологом материнского древостоя, также с наличием древесных ярусов из главных пород. Стимулирование предварительного возобновления подроста из главных пород в приспевающих и последних лет средневозрастных древостоев. Применение экологощадящих лесозаготовительных технологий с сохранением подроста. Проведение мер содействия после заключительных приемов постепенных рубок с доведением сохранившегося после рубки молодняка до нормальной полноты (1,0).

– качественное выполнение агротехнических уходов, защита несомкнувшихся лесных культур от вредителей и болезней;

– перевод несомкнувшихся лесных культур в категорию ценных лесных насаждений в сроки не свыше 6–7 лет с момента создания лесных культур;

– своевременный (как можно раньше) ввод:

- не покрытых лесом земель с ранее проведенными мерами по содействию лесовозобновлению в покрытые лесом земли и передача в эксплуатацию, включая вырубку несплошных рубок главного пользования, в том числе с преобладанием: сосны, ели, дуба и других твердолиственных пород;

- молодняков в покрытые лесом земли и передача в эксплуатацию на площадях, ранее запроектированных под естественное лесозаращивание без содействия лесовозобновлению, в том числе с преобладанием: сосны, ели, дуба и других твердолиственных пород;

- молодняков в категорию ценных насаждений и передача в эксплуатацию на площадях ранее проведенной реконструкции насаждений, в том числе с преобладанием: сосны, ели, дуба и других твердолиственных пород;

– биологическая мелиорация при создании лесных культур, также молодняков естественного и искусственного происхождения;

– увеличение среднего запаса лесных насаждений до 230 куб. метров на 1 гектар.

- внедрение более точных методов инвентаризации лесов, дифференцированных в зависимости от целевого назначения лесов, режима лесопользования, структуры насаждений и других факторов;
- совершенствование системы и повышение точности государственного учета лесных ресурсов (пересмотр действующих и разработка новых учетных форм для более полной характеристики лесных ресурсов);
- создание при проведении лесоустройства системы мониторинга выполняемых лесами функций.

### ***Оптимизация структуры лесов***

В части оптимизации видовой (формационной) структуры лесов наибольшие отклонения от рекомендуемого оптимального соотношения приходятся на сосновую и березовую формации (таблица 26).

**Таблица 26 – Динамика долевого участия сосновой и березовой формаций в составе покрытых лесом земель Беларуси**

Год учета	Площадь покрытых лесом земель, тыс. га	участие лесных формаций,			
		сосновой		березовой	
		тыс. га	%	тыс. га	%
1945	4589,0	2166,0	47,2	55,3	12,1
1956	6366,1	2775,6	43,6	884,9	13,9
1961	6687,6	3109,7	46,5	983,1	14,7
1973	7046,0	3551,2	50,4	1085,1	15,4
1983	7192,3	3826,3	53,2	1165,2	16,2
1994	7370,3	3902,2	53,0	1334,5	18,1
2001	7844,9	3939,9	50,2	1629,5	20,8
2011	8045,9	4034,8	50,1	1852,7	23,0
2017	8259,4	4144,6	50,4	1909,7	23,2
2030 (прогноз)	8511,6	4640,0	54,5	1600,0	18,8

Перевод 800 тыс. га березовых насаждений в сосновые за 15 лет представляется слишком амбициозной, а на практике, не реализуемой задачей Стратегического плана развития лесохозяйственной отрасли на 2015–2030 гг. Однако в этом направлении необходимо работать очень целенаправленно.

Движение по решению данной задачи представляется следующим. Около 250 тыс. га вырубок березовых и других мягколиственных пород в предстоящие 15 лет войдут в лесокультурный фонд, на котором возможно

создание лесных культур сосны. Перевод другой части березовых насаждений в сосняки возможен в порядке реконструктивных рубок с последующим созданием сосновых культур. Объектами реконструкции способны стать молодняки и средневозрастные березовые насаждения, которые по состоянию на 1 января 2017 года занимают соответственно 313,1 тыс. и 1007,7 тыс. га.

Относительно проще, оптимизируется возрастная структура лесов. При запланированном размере расчетной лесосеки, только за счет естественных процессов роста, можно ожидать к 2030 году наличие оптимальных площадей приспевающих и спелых древостоев и недостаток молодняков. Увеличение площадей молодняков может быть обеспечено за счет выше упомянутой реконструкции березовых насаждений, что будет способствовать переводу части средневозрастных березняков в сосновые молодняки.

Важной составляющей в оптимизации возрастной структуры лесов по достижению оптимальных площадей приспевающих и спелых древостоев и увеличению продуктивности лесов, является повышение возрастов рубок.

Увеличение доли спелых и перестойных насаждений в общем объеме лесонасаждений до 18 процентов – разработка и внедрение дифференцированной системы рубок леса в зависимости от возраста и продуктивности лесных насаждений.

Отдельно следует остановиться на воспроизводстве сосновой формации лесов республики.

Расширение площадей сосновых лесов в настоящее время происходит за счет создания лесных культур на землях бывшего сельскохозяйственного использования. Сокращаются сосновые насаждения естественного (семенного) происхождения (49,8% площади сосновой формации). Появляется угроза абсолютного уничтожения сосновых микропопуляций естественного происхождения на экосистемном (биогеоценотическом) уровне – уровне эдафоклиматипов. В частности, спелые сосняки естественного происхождения занимают 94,1% площади этой возрастной группы; в противовес, сосновые молодняки, созданные естественными методами лесовосстановления, – 17,6% площади своей возрастной группы. Можно утверждать о снижении микропопуляционного разнообразия и естественности формируемой сосновой формации Беларуси.

Стратегическим планом [17] для исправления текущих негативных тенденций в формировании сосновой формации предлагается:

- довести долю воспроизводства сосновых насаждений до 60% в общей площади вырубок (2015 год – 46%);

- обеспечить соотношение искусственного и естественного лесовосстановления сосновых насаждений в отношении 66 : 34 (на данный момент 72,4 : 27,6). Этого можно достичь в том числе и увеличением

объемов несплошных рубок леса.

**Совершенствование рубок леса** предполагает сбалансировать экологическую и экономическую компоненты лесопользования и увеличить прирост древесных запасов за счет сокращения оборота рубки. Стратегическим планом предусматривается увеличение заготовки древесины несплошными рубками главного пользования до 33% к 2030 году.

При сплошной рубке снижается, нередко прекращается, водоохранная, почвозащитная и другие виды средозащитной функции леса. Участок леса после сплошной рубки является не покрытой лесом площадью. Период восстановления покрытой лесом площади до формирования молодого древостоя (этап «рубка–возобновление леса») занимает порядка десяти лет. При несплошной рубке участок леса находится постоянно в состоянии покрытой лесом площади. Тем самым сохраняется средозащитная функция леса, повышается лесистость земель лесного фонда [18].

До последнего времени заготовка древесины при проведении рубок главного пользования в республике осуществляется на 80–85% сплошными рубками и на 15–20% несплошными. Сплошным рубкам сопутствует искусственное возобновление. Следствием такого хозяйствования является сокращение естественности лесов. Насаждения естественного происхождения, ранее занимавшие, к примеру, 94% площади сосновой формации (V класс возраста), сегодня на 80% (I класс возраста) являются молодняками искусственного происхождения.

Сплошные рубки влекут за собой увеличение площади не покрытых лесом земель. При их проведении период лесовозобновления сегодня равен в среднем 10 годам. Это значит, что не менее 0,4 млн. га лесных земель не выполняют средозащитную функцию, уменьшают лесистость территории страны.

Альтернативой сплошнолесосечной системе предлагается лесоводственная система с применением несплошных рубок и естественного возобновления леса. Результатом ее применения станет сокращение по республике периода лесовозобновления на 2–3 года. Это позволит сократить площадь не покрытых лесом земель на 200 тыс. га к 2030 году и на 300 тыс. га к 2050 году. Такое сокращение равнозначно увеличению лесистости республики на 1–1,3%. За счет сохранения подроста при несплошных рубках, тем самым сокращения на 5–7 лет оборота рубки, ожидается увеличение к 2050 году древесных запасов на 15 млн. м<sup>3</sup> (0,3% прироста древесных запасов).

Технологии проведения рубок главного пользования должны обеспечивать: воспроизводство, улучшение породного состава и качества лесов, повышение их продуктивности, охрану и защиту лесов; сохранение генофонда, биологического и ландшафтного разнообразия лесов;

обеспечения условий для воспроизводства лесов; соблюдения научно обоснованных норм лесопользования, исключающих переруб расчетной лесосеки; обеспечения непрерывного, неистощительного и рационального использования лесов.

Для этого необходимо увеличение доли несплошных рубок главного пользования, сохранение отдельных крупных и дуплистых деревьев на лесосеках, живого напочвенного покрова, подроста и подлеска. В результате удастся не только сократить сроки лесовыращивания и сохранить отдельные элементы биологического разнообразия, но и одновременно повысить устойчивость лесов к экстремальным внешним явлениям.

Одним из важнейших лесохозяйственных мероприятий повышающих продуктивность лесных насаждений являются рубки ухода за лесом. Они позволяют формировать хозяйственно ценные, высокопродуктивные, устойчивые насаждения и одновременно улучшать другие полезные свойства леса. В ходе проведения рубок ухода повышение качества, биологической устойчивости и разнообразия древостоев, сохранение и усиление защитных, водоохраных и санитарно-гигиенических свойств леса осуществляется путем формирования целевого породного состава, густоты и структуры насаждений.

Рубки ухода являются основополагающим мероприятием для адаптации существующих и выращиваемых насаждений к прогнозируемым изменениям климата. Изменяя целевой состав насаждений и их структуру путем совершенствования организационно-технических элементов системы рубок ухода за лесом можно формировать более устойчивые к негативным проявлениям климата насаждения при сохранении или повышении их продуктивности и хозяйственной ценности (таблица 27).

**Таблица 27 - Рекомендуемые целевые составы лесов с учетом адаптации к изменениям климата**

Тип леса	Состав насаждений по геоботаническим подзонам		
	Дубово-темнохвойных лесов	Грабово-дубово-темнохвойных лесов	Широколиственно-сосновых лесов
1	2	3	4
<b>Сосняки</b>			
лишайниковый, вересковый, багульниковый	8С2Б	8С2Б	8С2Б



брусничный	8С2(Е, Мл)	8С2Мл	8С2Мл
мшистый	(7-8) С (3-2) Е, Мл	(7-8) С (3-2) Е, Мл	(7-8) С (3-2) Тв, Мл
черничный	(7-8) С (3-2) Е, Мл	(7-8) С (3-2) Е, Тв, Мл	(7-8) С (3-2) Тв, Мл
долгомошный	(7-8) С (3-2) Е, Мл	(7-8) С (3-2) Е, Тв, Мл	(7-8) С (3-2) Тв, Мл
орляковый, кисличный	(6-7) С (4-3) Е, Тв, Мл	(6-7) С (4-3) Е, Тв, Мл	(6-7) С (4-3) Тв, Мл
<b>Ельники</b>			
брусничный	(6-7) Е (4-3) С, Мл	(6-7) Е (4-3) С, Мл	(6-7) Е (4-3) С, Мл
мшистый, черничный, долгомошный, приручейно- травяной, осоковый	(7-8) Е (3-2) С, Мл	(7-8) Е (3-2) С, Мл	(7-8) Е (3-2) С, Тв, Мл
орляковый	(6-7) Е (3-1) С, Мл	(5-6) Е (5-4) С, Тв, Мл	(3-4) Е (7-6) С, Тв, Мл
кисличный, снытевый, крапивный, папоротниковый	(5-6) Е (5-4) Тв, Мл	(5-6) Е (5-4) Тв, Мл	(3-4) Е (7-6) Тв, Мл
<b>Дубравы</b>			
орляковый, черничный кисличный, снытевый, луговиковый, крапивный, папоротниковый	(7-8) Д (3-2) Е, Мл	(7-8) Д (3-2) Хв, Мл	(7-8) Д (3-2) С, Мл
пойменный	(6-7) Д (4-3) Е, Тв	(6-7) Д (4-3) Е, Тв	(6-7) Д (4-3) Тв
	(7-8) Д (3-2) Е, Тв, Мл	(7-8) Д (3-2) Е, Тв, Мл	(7-8) Д (3-2) Тв, Мл
<b>Березняки</b>			
вересковый, брусничный, долгомошный, мшистый,	(7-8) Б (3-2) Хв	(7-8) Б (3-2) Хв	(7-8) Б (3-2) С

багульниковый черничный, орляковый	(7-9) Б (3-1) Хв, Тв	(7-9) Б (3-1) Хв, Тв	(7-9) Б (3-1) С, Тв
кисличный, снытевый, крапивный, папоротниковый	(7-9) Б (3-1) Е, Тв	(7-9) Б (3-1) Е, Тв	(7-9) Б (3-1) Тв
<b>Осинники</b>			
брусничный, мшистый, долгомошный орляковый, черничный кисличный, снытевый, приручейно- травяной, крапивный, папоротниковый	(6-7) Ос (4-3) Хв  (6-7) Ос (4-3) Хв, Д  (6-7) Ос (4-3) Хв, Тв	(6-7) Ос (4-3) Хв  (6-7) Ос (4-3) Хв, Д  (6-7) Ос (4-3) Хв, Тв	(6-7) Ос (4-3) С  (6-7) Ос (4-3) С, Д  (6-7) Ос (4-3) Тв
<b>Черноольшанники</b>			
кисличный, снытевый, крапивный, папоротниковый, пойменный касатиковый, таволговый, осоковый	(6-7) Олч (4-3) Е, Тв  (7-10) Олч (3-0) Я	(6-7) Олч (4-3) Е, Тв  (7-10) Олч (3-0) Я	(6-7) Олч (4-3) Тв  (7-10) Олч (3-0) Я
<b>Сероольшанники</b>			
кисличный, таволговый снытевый, папоротниковый, злаковый	(8-9) Олс (2-1) Е, Тв, Мл  (6-8) Олс (4-2) Е, Тв, Мл	(8-9) Олс (2-1) Е, Тв, Мл  (6-8) Олс (4-2) Е, Тв, Мл	(8-9) Олс (2-1) Тв, Мл  (6-8) Олс (4-2) Тв, Мл

В сосняках на бедных почвах (лишайниковые, вересковые и багульниковые) необходимо формировать смешанные с березой бородавчатой насаждения для снижения опасности пожаров и корневой губки. В сосняках брусничных в северной геоботанической подзоне наряду с

мягколиственными породами можно сохранять до 20 % ели.

В сосняках черничных и долгомошных необходимо формировать смешанные елово-сосновые насаждения с примесью мягколиственных, а в центральной и южной подзонах ель заменяется твердолиственными породами. Сосняки орляковые и кисличные целесообразно трансформировать в смешанные сосново-широколиственные, елово-широколиственные или сосново-еловые насаждения при участии мелколиственных пород насаждения. В случае если этого достичь невозможно, необходимо рубками ухода увеличить долю второстепенных пород.

Ельники брусничные достаточно редко встречаются на территории Беларуси и в большинстве случаев их целесообразно трансформировать в смешанные елово-сосновые насаждения.

Типичные коренные южнотаежные ельники мшистые, черничные, долгомошные, приручейно-травяные, осоковые и осоково-сфагновые отличаются высокой устойчивостью к летним засухам. Следует избегать чистых еловых насаждений и рубками ухода снизить участие ели до 7-8 единиц в составе, а в ельниках орляковых до 6-7 единиц с одновременным содействием возобновлению широколиственных пород особенно в южной и центральной подзонах.

Наиболее угрожаемые со стороны засух и массового размножения стволовых вредителей чистые ельники кисличные, снытевые, крапивные и папоротниковые необходимо трансформировать в смешанные насаждения. Поскольку происходит постепенное смещение геоботанических зон на север, то даже в северной подзоне в этих условиях необходимо снижать долю ели до 5-6 единиц в составе и формировать елово-широколиственные насаждения. Это поможет резко снизить вероятность массового усыхания ельников в будущем.

В дубравах орляковых и черничных надо стремиться к формированию смешанных дубово-сосновых и дубово-еловых насаждений. В богатых условиях  $S_{2-3}$ - $D_{2-3}$  – рубки ухода должны быть направлены на формирование дубовых насаждений с участием до 3-4 единиц ели и твердолиственных пород (клена, липы, ильмовых, ясеня). В дубравах пойменных необходимо формирование смешанных елово-дубово-ясеневого насаждений с равномерным смешением пород.

В березняках вересковых, брусничных, мшистых, долгомошных необходимо формировать насаждения с доминированием сосны и участием березы до 2-3 единиц в составе. В березняках черничном и орляковом следует отдавать предпочтение формированию смешанных березово-сосновых и березово-еловых насаждений. Березняки кисличные, снытевые, крапивные, папоротниковые необходимо трансформировать в смешанные березово-еловые и березово-широколиственные насаждения. В то же время в

уже сформировавшихся чистых высокопродуктивных березовых насаждениях это невозможно реализовать. Поэтому для повышения их устойчивости необходимо увеличить долю прочих пород до 10-30 %.

Состав насаждений в сероольховых и осиновых насаждениях должен формироваться аналогично березовым насаждениям.

В черноольховых насаждениях кисличного, снытевого, крапивного и папоротникового типов необходимо стремиться к формированию коренных смешанных черноольхово-елово-широколиственных насаждений. В заболоченных типах леса (черноольшанники касатиковый, таволговый и осоковый) рубки ухода должны быть направлены на формирование смешанных ясенево-черноольховых насаждений.

*В целях мониторинга углеродопродуктивности лесов предлагается осуществление следующих мероприятий:*

– отражение в Государственном лесном кадастре сведений:

- ✓ накопление углерода на лесных землях по породам;
- ✓ годовичное депонирование углерода на лесных землях по породам.

– введение в «Правила определения и утверждения расчетной лесосеки...» нормы, не позволяющей утвердить расчетную лесосеку, если не обеспечивается поддержание поглощения («стока», «абсорбции») атмосферного диоксида углерода лесами. С этой целью по каждому юридическому лицу, ведущему лесное хозяйство производить соответствующие расчеты.

– в «Проектах организации и ведения лесного хозяйства...» ввести раздел «Мероприятия по повышению углерододепонирующей продуктивности лесов».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ведение лесного хозяйства должно быть направлено на достижение устойчивого, экономически эффективного, экологически ответственного и социально ориентированного управления лесами и лесопользования [17].

Лес – это тот инструмент, который может уравновесить углеродный баланс, в связи с чем Киотский протокол к Рамочной конференции ООН по изменению климата признает исключительно важную роль лесов как естественных поглотителей парниковых газов. Поэтому важнейшей задачей становится учет общего количества углерода, депонированного лесами, изучение годичных лесоуглеродных потоков вследствие естественного роста лесов и их изменения в процессе хозяйственной деятельности человека на лесопокрытых землях [18].

За последние два десятилетия возросли площадь покрытых лесом земель в 1,12 раза, общие запасы древесины – в 1,62, средний запас древостоев – в 1,5 раза. Общее среднее изменение запаса за последнее двадцатилетие увеличилось в 1,51 раза и в 2017 г. составило 37,6 млн. м<sup>3</sup>.

Динамика прироста древесных запасов, как и в целом показателей лесного фонда, способствовала поглощению в значительных объемах атмосферного углекислого газа и депонированию углерода лесной экосистемой Беларуси.

Углеродные потоки в лесах установлены с использованием методики оценки общего и годичного депонирования углерода лесами Республики Беларусь, утвержденная и введенная в действие приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 13.05.2011 г. №142 [7].

Пул углерода лесной (накопление углерода лесной экосистемой) в Республику Беларусь за последние два десятилетия увеличился в 1,33 раза. На 62,6% увеличение произошло за счет накопления углерода в фитомассе (древостой, подрост, подлесок, живой напочвенный покров).

Среднее годовое депонирование общего содержания углерода лесами Республики Беларусь за 1994-2017 гг. составило +18,7 млн. тС/год. Заметна устойчивая со знаком «плюс» тенденция депонирования, то есть имеет место поглощение («сток», «абсорбция») атмосферного углерода лесами. За анализируемый период среднепериодическое годовое депонирование изменялось в пределах +12,1 млн. тС/год (в периоде 2001–2011 гг.) до +21,3 млн. тС/год (в периоде 1994–2001 гг.). Годичное депонирование углерода фитомассой лесных насаждений за анализируемый период (1994-2017 гг.) составило +11,6 млн. тС/год.

Лесной углеродный пул Беларуси, включая мертвую древесину и лесную подстилку, на 2017 год составил 1,67 млрд. тС. Основная доля углерода (55,0%) накоплена в 30-см слое почвы. Надземной биомассой лесов

депонировано 36,4% углерода, лидирующее положение по накоплению углерода среди наземной биомассы занимает стволовая древесина (63,4%). Наименьшее количество – 0,2% – накоплено мертвой древесиной, это объясняется периодической уборкой захламленности и валежной древесины в белорусских лесах. В наиболее активную форму биокруговорота вовлечено 1057,5 млн. тС или 63,3% от общего депонированного углерода.

Накопление углерода фитомассой лесов Беларуси на 1 га за 20-летие увеличилось в 1,45 раза (на 26 тС/га) и по состоянию на 2017 г. составило 83,7 тС/га. Выше среднего данный показатель в сосновой, еловой и дубовой формации.

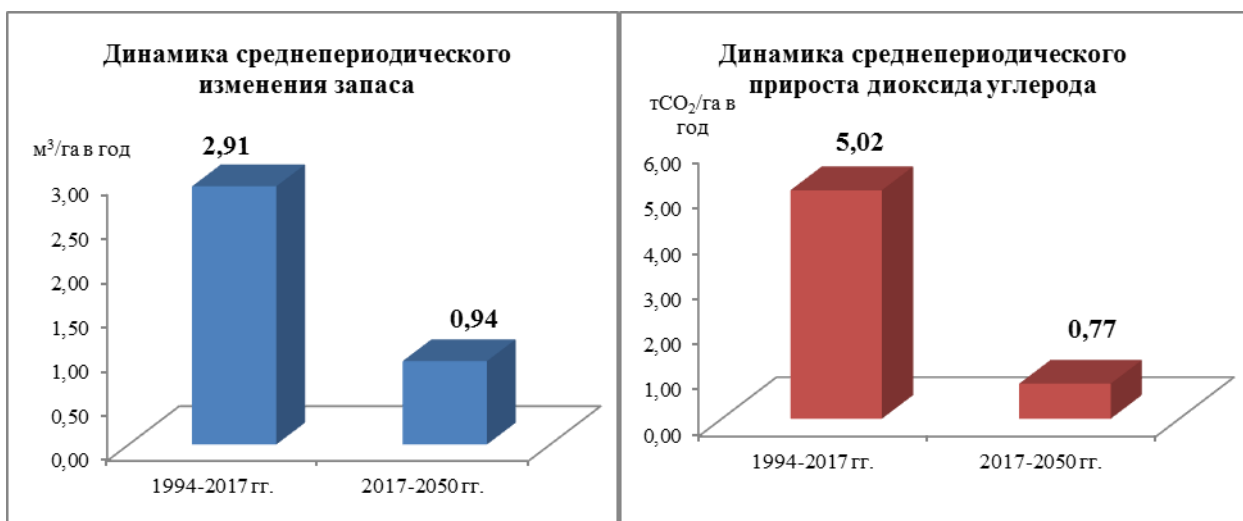
Прогноз динамики запасов лесных насаждений Беларуси позволяет надеяться на их увеличение: 2017 г. – 1772 млн. м<sup>3</sup>, 2030 г. – 1958 млн. м<sup>3</sup>, 2050 г. – 2228 млн. м<sup>3</sup>. Прогнозируется повышение продуктивности лесов: средний запас насаждений 2017 г. – 215 м<sup>3</sup>/га, 2030 г. – 230 м<sup>3</sup>/га, 2050 г. – 246 м<sup>3</sup>/га (таблица 28).

**Таблица 28 – Прогнозируемая динамика средних запасов насаждений Беларуси**

Лесные формации	Прогнозируемая динамика средних запасов насаждений, м <sup>3</sup> /га		
	2017	2030	2050
Сосновая	238	249	270
Еловая	255	265	275
Дубовая	180	200	215
Березовая	173	185	175
Черноольховая	195	215	230
Осиновая	201	215	230
Леса Беларуси	215	230	246

В то же время, при сохранении действующего порядка установления расчетной лесосеки по рубкам главного пользования (за счет накопления спелых насаждений) прогнозируется снижение среднепериодического изменения запаса насаждений (снижение ежегодного прироста) с 2,91 м<sup>3</sup>/га·год (1994-2017 гг.) до 0,94 м<sup>3</sup>/га·год в период 2017–2050 гг. Тем самым ожидается снижение объемов среднепериодического годового поглощения лесами атмосферного диоксида углерода при сохранении положительной составляющей баланса «стока-эмиссии» углерода в лесной экосистеме Беларуси (рисунок 8).

Обеспечить положительную динамику накопления углерода лесами возможно только по средством планирования и проведения целевых лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности, тем самым углеродопродуктивности, лесов.



**Рисунок 8 – Динамика изменения среднепериодического годового изменения запаса и поглощения диоксида углерода**

Важнейшим условием рациональной организации лесного хозяйства является принцип постоянства, неистощимости и равномерности лесопользования. Соблюдение этого принципа определяет устойчивость развития и рентабельности лесного хозяйства, что служит одновременно и экономическим целям, и экологическим принципам лесохозяйственного производства.

В заключение хочется отметить, что лес обладает значительным потенциалом, чтобы оказать существенное воздействие на величину и направление потоков углерода в глобальном углеродном круговороте. В частности, отмечается, что леса сегодня связывают углерод в количестве около 60% депонированного растительностью и около 50% – почвами планеты [19].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лесной кодекс Республики Беларусь : 24 декабря 2015 г., №332-3 : принят Палатой представителей 03 декабря 2015 г. : одобр. Советом Респ. 09 декабря 2015 г.
2. Материалы единовременного учета лесного фонда Республики Беларусь по состоянию на 01.01.1994, – Минск: Белгослес, 1994
3. Материалы единовременного учета лесного фонда Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2001, – Минск: Белгослес, 2001
4. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2011, – Минск: Белгослес, 2011
5. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2012, – Минск: Белгослес, 2012
6. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2017, – Минск: Белгослес, 2017
7. Методика оценки общего и годичного депонирования углерода лесами Республики Беларусь: утвержден и введен в действие приказом Министерства лесного хоз-ва Республики Беларусь от 28.03.2011, № 81 / Л. Н. Рожков [и др.] Минск: БГТУ; ЛРУП «Белгослес», 2011. – 19 с.
8. Рожков, Л. Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси / Л. Н. Рожков // Труды БГТУ. – 2011. – № 1: Лесн. хоз-во. – С. 62–70.
9. Замолодчиков, Д. Г. Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах / Д. Г. Замолодчиков // Устойчивое лесопользование. – 2011. – №4. – С. 15–22.
10. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов / под ред. Дж. Пенман [и др.]. – МГЭИК: ВМО, 2003. – 648 с.
11. Глобальная оценка лесных ресурсов 2010 года: основной отчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/014/i1757r/i1757r.pdf> – Дата доступа: 19.08.2017.
12. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. ЗИЗЛХ. - Т. 4. - МГЭИК, 2006.
13. Жданович, С. А. Топливо-энергетическая характеристика крупного древесного дегрита различной степени разложения в лесах Беларуси // С. А. Жданович, А. В. Пугачевский // Лесное и охотничье хоз-во. – 2010. – № 4. – С. 21–25.



14. Смоляк, Л.П. Болотные леса и их мелиорация / Л.П. Смоляк. – Минск: Наука и техника, 1969. – 209 с.
15. Торфяной фонд Белорусской ССР: Справочник / Упр. торфа и торфяного фонда М-ва сел. хоз-ва РСФСР, Ин-т торфа Акад. наук БССР; [Редкол.: А.С.Оленин (отв. ред) и др.]. – Минск, 1953. – XLVI. – 805 с.
16. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: Статистический сборник / под ред. Медведева И.В. [и др.]. – Минск, 2017 – 235 с.
17. Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы. Утвержден Заместителем Премьер-Министра Республики Беларусь М.И. Русым 23 декабря 2014 г., №06/201-271.
18. Шатравко, А.В. Углеродные потоки в лесах Республики Беларусь / А.В. Шатравко, Л.Н. Рожков // 62-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: сб. науч. работ: в 3-х ч. – Минск: БГТУ, 2011. – Ч. 1. – С. 33–35.
19. Шатравко, А.В. Депонирование углерода в Беларуси / А.В Шатравко // Актуальные проблемы лесного комплекса/ Под редакцией Е.А.Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 26. – Брянск: БГИТА, 2010. – С. 62–65.