

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. М. Конькова, И. П. Наркевич

*Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь;
РУП «Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», Минск, Беларусь*

Аннотация. В статье представлена информация о Государственном кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Рассмотрены особенности подготовки кадастра парниковых газов Республики Беларусь. Рассмотрены методы инвентаризации парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ). Особое внимание уделено оценке запасов углерода в категории «Лесные земли» данного сектора. Оценены выбросы и стоки парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ. Впервые проведен перерасчет площадей земель Республики Беларусь в соответствии с земельными категориями по МГЭИК. Даны рекомендации по совершенствованию инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ.

Ключевые слова: парниковые газы; кадастр парниковых газов; землепользование; изменение землепользования и лесное хозяйство; климат; землепользование.

Для цитирования. Конькова В. М., Наркевич И. П. Оценка выбросов парниковых газов в землепользовании и лесном хозяйстве в Республике Беларусь // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 46–55.

THE ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION IN LAND USE AND FORESTRY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. M. Kankova, I. P. Narkevitch

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus;
RUE "Belarusian Research Center "Ecology", Minsk, Belarus*

Abstract. The article provides information on the State Inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases. There are considered methods of inventory of greenhouse gases in the sector "Land use, land use change and forestry". Particular attention is paid to assessment carbon stocks in the Forest Land category of this sector. For the first time, the recalculation of the land areas of the Republic of Belarus in accordance with the land categories of the IPCC was carried out.

Keywords: greenhouse gases; greenhouse gas inventory; land use; land use change and forestry; climate; land use.

For citation. Kankova V. M., Narkevitch I. P. The assessment of greenhouse gas emission in land use and forestry in the Republic of Belarus. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 46–55.

Введение. Изменение климата, происходящее за счет «парникового эффекта», является проблемой общемирового масштаба и представляет серьезную потенциальную угрозу для состояния окружающей среды. Парниковые газы (далее ПГ) – газы, вызывающие глобальный парниковый эффект; к основным парниковым газам, в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс Земли, относят: двуокись углерода (CO₂), метан (CH₄) и закись азота (N₂O), и четыре газа-прекурсора: окись углерода (CO), окислы азота (NO_x), неметановые летучие органические соединения и окислы серы (SO_x). Разработка и осуществление национальной политики и мер по ограничению, приостановлению и снижению выбросов ПГ в атмосферу зависят от уровня экономического развития страны [1].

Для объединения усилия по предотвращению опасных изменений климата и стабилизации концентрации ПГ в атмосфере на таком уровне, который не допускат бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему 9 мая 1992 г., была подписана Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (далее – РКИК ООН) [2]. Дополнительным документом к РКИК ООН стал Киотский протокол, принятый 11 декабря 1997 г., который налагал обязательства для Сторон по сокращению выбросов, устанавливаемые на определенный срок, а также рыночные механизмы их осуществления [3].

Продолжением Киотского протокола РКИК ООН стало Парижское соглашение, принятое в 2015 г. [4]. 20 сентября 2016 г. согласно Указу Президента Республики Беларусь № 345 «О принятии международного договора» Республика Беларусь стала 30-й стороной Парижского соглашения [5]. Парижское соглашение вступило в силу 4 ноября 2016 г. и в настоящее время его ратифицировали 179 стран из 197 Сторон Конвенции [6]. Начало отчетного периода по Парижскому соглашению планируется после 2020 г. [4].

Парижское соглашение предоставляет странам возможность самостоятельно определять национальные вклады и оказывает поддержку действий по сохранению и устойчивому управлению лесами, увеличению накопления углерода, подтверждая важность стимулирования низкоуглеродных выгод (статья 5 Парижского соглашения) [4].

В настоящий момент обязательства Республики Беларусь по Парижскому соглашению – к 2030 г. сократить выбросы ПГ на 28 % по сравнению с уровнем 1990 г. Обязательство не предполагает использование механизмов международного углеродного рынка и привлечение иностранных финансовых ресурсов для внедрения наилучших доступных технологий. [7] Следует отметить, что приведенный уровень выбросов не включает баланс выбросов и стоков ПГ в учетном секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (далее – ЗИЗЛХ), что свидетельствует о недостаточности полученных данных и недостаточно разработанной методической базе для их определения [7, 8].

Выдвинутое условие выполнения добровольных обязательств требует взвешенной оценки углерододепонирующего потенциала лесов и пересмотра сложившихся о нем представлений [4]. В контексте Парижского соглашения проблема объективного и полного учета стоков углерода и углеродного бюджета лесов приобретает первостепенное значение [4].

Успешное выполнение Республикой Беларусь взятого обязательства в рамках Парижского соглашения во многом будет зависеть от принятия национальной политики в отношении изменения климата, которая определит правовые, институциональные основы климатического регулирования, разработки национальных сообщений об изменении климата, ведения государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителей ПГ (далее – кадастр), мониторинга климата, осуществления научных исследований и образовательных мероприятий в этой области [8].

Объекты и методы исследования. Начиная с 2006 г., в Республике Беларусь ежегодно проводится инвентаризация выбросов парниковых газов в рамках подготовки Государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Кадастр выбросов ПГ ведется в целях исполнения обязательств Республики Беларусь по РКИК ООН и последующего представления его в Секретариат Конвенции. Теоретическая и практическая значимость исследований состоит в том, что методология и практика инвентаризации парниковых газов, разработка научно обоснованного подхода к методам оценки объемов выбросов парниковых газов будут способствовать повышению качества их инвентаризации, совершенствованию и дальнейшему развитию методов оценки парниковых газов и повышению качества кадастра выбросов ПГ.

Инвентаризация выбросов ПГ представляет собой сбор, структурирование, анализ, обобщение и архивирование всех данных, необходимых для оценки или измерения фактических антропогенных выбросов ПГ от источников, включая подготовку методологического процесса проведения инвентаризации, находящихся в собственности у юридического лица [1].

В соответствии со своими полномочиями РУП «Бел НИЦ «Экология», на основании Приказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее – Минприроды) от 29 декабря 2005 г. № 417 «О центре инвентаризации парниковых газов», готовит запросы о предоставлении необходимой информации по установленной форме, которые, в свою очередь, Минприроды направляет в соответствующие органы государственного управления и иные организации. На основании полученных данных РУП «Бел НИЦ «Экология» разрабатывает ежегодный кадастр ПГ и другие документы, необходимые для предоставления в Секретариат РКИК ООН [9].

Государственный кадастр ПГ состоит из Национального доклада о государственном кадастре ПГ Республики Беларусь (далее – НДК) и таблиц общего формата данных для последующего представления в Секретариат РКИК ООН [9].

НДК Республики Беларусь перед отправкой в Секретариат РКИК ООН проверяется независимыми национальными экспертами, а также проходит контроль и одобрение различными органами Минприроды [9].

Инвентаризация ПГ Республики Беларусь осуществляется в соответствии с обновленными требованиями, изложенными в Руководящих принципах национальных инвентаризаций ПГ Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН (далее – МГЭИК) 2006 г. и при использовании обновленной версии программного обеспечения CRF Reporter [9].

Категории землепользования. В целях обеспечения прозрачности, сопоставимости и полноты охвата известных источников и поглотителей Руководящие принципы национальных инвентаризаций

ПГ МГЭИК выделяют следующие категории землепользования; также согласно национальному законодательству проведено сопоставление следующих земельных категорий МГЭИК и видов земель Республики Беларусь [15]:

- Лесные площади – лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями);
- Возделываемые земли – пахотные земли и земли под постоянными культурами;
- Пастбищные угодья – залежные земли и луговые земли;
- Водно-болотные угодья – земли под болотами и земли под водными объектами;
- Поселения – земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями, земли общего пользования и земли под застройкой;
- Прочие земли – нарушенные земли, неиспользуемые земли и иные земли.

В изменении структуры земельных ресурсов Республики Беларусь по видам земель за последние 25 лет прослеживаются определенные тенденции. Наблюдается устойчивая многолетняя тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель и увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью (табл. 1). По данным на 01.01.2018 г. площадь лесных земель в республике составляет 42,3 % [14] и превышает площадь сельскохозяйственных земель на 1,4 %.

Каждая категория землепользования подразделяется на земли, остающиеся в той же категории (например, лесные площади, остающиеся лесными площадями) и земли, переустроенные из одной категории в другую (например, лесные площади, переустроенные в возделываемые земли). Страны могут выбрать дальнейшую стратификацию земель в каждой категории по климатическим и иным экологическим регионам в зависимости от выбранного метода и своих требований [16].

Категории земель, установленные в пределах Республики Беларусь, не имеют полного соответствия с категориями МГЭИК. Каждая категория земель Республики Беларусь в значительной степени отражает ведомственную принадлежность земель и включает в себя все виды земель.

Для проведения инвентаризации ПГ представление земельных площадей выполняется по подходу 2 с использованием классификации земель согласно Руководящим принципам [9].

Составной частью НДК является матрица преобразования земель, которая отражает изменения площадей лесных земель в результате естественного зарастания лесом и облесения сельскохозяйственных угодий, а также в результате обезлесения при строительстве объектов инфраструктуры [13].

В изменении структуры земельного фонда Республики Беларусь по видам земель за последние 20 лет прослеживаются определенные тенденции. Наблюдается устойчивая многолетняя тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель и увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью. Начиная с 2014 г. общая площадь лесных земель превышает площадь сельскохозяйственных земель. В 2017 г. площадь лесных земель в республике составляет 42,2 % и превышает площадь сельскохозяйственных земель на 1,1 % [17].

При подготовке кадастров для сектора ЗИЗЛХ выбросы и поглощения CO₂ и иных, чем CO₂ ПГ оцениваются отдельно для каждой категории землепользования [11].

Таблица 1. Структура земельного фонда Республики Беларусь по видам земель и ее изменение за 1990–2017 гг.

Table 1. The structure of the land fund of the Republic of Belarus by land types and its change for 1990–2017

Вид земель	Площадь, тыс. га							Изменение, % 1990–2017 гг.
	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	
Всего сельскохозяйственные земли, в том числе:	9367,6	9349,9	9286,2	9076,3	8632,3	8581,9	8501,6	–9,24
возделываемые земли	6256,7	6375,5	6310,5	5667,1	5779,9	5790,6	5841,1	–6,64
пастбища	3110,9	2974,4	2975,7	3409,2	2852,4	2791,3	2660,5	–14,48
Лесные земли, всего	8192,7	8292,9	8255,0	8821,7	9423,4	9510,4	9606,0	17,25
Водно-болотные угодья	1467,1	1468,8	1455,8	1394,7	1309,4	1285,7	1273,4	–13,20
Поселения	939,5	904,3	851,6	843,1	888,4	888,7	880,5	–6,28
Прочие земли	793,1	744,1	911,4	624,0	506,5	493,3	498,5	–37,15
Общая площадь земель за каждый год, млн га	20 760							–

Выбросы и поглощение ПГ, подсчитанные для каждого конкретного вида землепользования, включают CO_2 (как изменения запасов углерода) от биомассы, мертвого органического вещества и почвы, а также иные, чем CO_2 выбросы от сжигания и, в зависимости от категории землепользования, выбросы от других специфичных источников [16].

На данный момент в кадастре представлены сведения об оценке изменения запасов углерода в древесной биомассе лесов; выбросы CO_2 , CH_4 , N_2O и NO_x от сжигания биомассы (на лесных землях), изменения запасов углерода в минеральных почвах лесов, изменения запасов углерода в валежной древесине и подстилке лесов; изменения запасов углерода в биомассе многолетних насаждений и органических почвах на возделываемых землях; косвенные выбросы N_2O из обрабатываемых почв [9].

Соответственно, в таблицах общего формата данных представлены следующие категории источников:

4.1 «Матрица преобразования землепользования»;

4.A.1 «Лесные земли, остающиеся лесными» (изменение запаса углерода в древесной биомассе, в валежной древесине, в подстилке, в минеральных почвах, выбросы в результате пожаров и контролируемого горения);

4.D.1 «Водно-болотные угодья, остающиеся водно-болотными угодьями (выбросы ПГ от разрабатываемых торфяных месторождений);

Также в кадастре ПГ Республики Беларусь представлена информация о выбросах ПГ на осушенных землях, используемых для сельского и лесного хозяйства [9].

Методы инвентаризации ПГ в секторе ЗИЗЛХ. В Руководящих принципах МГЭИК излагаются методологии для оценки изменений накопления углерода в двух основных пулах углерода: биомассе и органическом углероде почвы. В них упоминается мертвое органическое вещество как фактор, который следует учитывать в будущей работе по методам составления кадастров. В Марракешских договоренностях конкретно указывается, что должна представляться информация об изменениях накопления углерода в пяти пулах: надземная биомасса, подземная биомасса, подстилка, валежная древесина и органический углерод почвы. Уменьшения объема в одном пуле должны компенсироваться увеличениями в другом, например, пулы биомассы уменьшаются после возмущений, однако пулы подстилки и валежной древесины могут увеличиться. Таким образом, изменение в рамках одного пула может быть более значительным по сравнению с результирующим изменением в совокупности пулов [10].

По отношению к методам используется трехуровневый подход. В общем, переход к более высоким уровням повышает точность кадастра и снижает неопределенность, однако для более высоких уровней повышается также сложность и требуются большие ресурсы для составления кадастров. При необходимости может использоваться сочетание различных уровней, например, уровень 2 может использоваться для углерода биомассы, а уровень 1 – для углерода почвы.

Представленные в Руководящих принципах методы и данные сфокусированы на кадастрах с использованием уровня 1. Эти методы, в общем, применимы к кадастрам уровня 2, однако при этом представленные для уровня 1 данные по умолчанию частично или полностью заменяются национальными коэффициентами как часть оценки на уровне 2. Методы уровня 3 подробно не описываются, однако приводятся рекомендации [11].

Уровень 1. Методы этого уровня являются самыми простыми в использовании; соответствующие уравнения и значения параметров по умолчанию (например, коэффициенты выбросов и изменений запасов) представлены в Руководящих принципах. Необходимы данные о деятельности на национальном уровне, однако для уровня 1 часто имеются источники оценочных данных о деятельности глобального уровня (например, темпы обезлесения, статистические данные о сельскохозяйственном производстве, глобальные карты почвенно-растительного покрова и т. д.), хотя эти данные обычно отличаются грубым пространственным разрешением [11].

Уровень 2. В рамках этого уровня может использоваться тот же самый методологический подход, что и для уровня 1, но применяются коэффициенты выбросов и изменений запасов, основанные на данных для конкретной страны или конкретного района, для наиболее важных категорий землепользования. Для климатических районов и систем землепользования конкретной страны более подходящими являются коэффициенты выбросов, определенные самой этой страной. В рамках уровня 2 обычно используются более детализированные данные о деятельности с более высоким временным и пространственным разрешением, с тем, чтобы они соответствовали определенным страной национальным коэффициентам для конкретных районов и категорий специализированного землепользования [11].

Уровень 3. В рамках этого уровня используются методы более высокого порядка, включая модели и системы измерений для кадастров, адаптированные к конкретным национальным условиям, повторяющимся в ходе времени, а также применяются данные о деятельности высокого разрешения

и разукрупнение до масштабов субнационального уровня. Эти методы более высокого порядка позволяют получить оценочные значения с более высокой степенью достоверности, чем более низкие уровни. Такие системы могут включать в себя полные выборки на местах, повторяющиеся через регулярные интервалы времени и/или основанные на географических информационных системах данных о возрасте, классе/продуктивности, почвах, а также данных о деятельности в области землепользования и управления, в которых объединены результаты нескольких видов мониторинга. Участки земель, на которых происходит изменение землепользования, могут обычно контролироваться в ходе времени, по крайней мере статистически. В большинстве случаев такие системы зависят от климата и, соответственно, обеспечивают оценочные значения для того или иного источника с межгодовой изменчивостью. Модели должны пройти экспертизу, проверку достоверности и должны быть полностью задокументированы [11].

Согласно Руководящим указаниям МГЭИК оценку стоков углерода и углеродного бюджета для сектора ЗИЗЛХ проводят для «управляемых лесов». Методология МГЭИК выделяет «управляемые леса» как территорию, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательство с целью выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач [4].

В состав «управляемых лесов» Республики Беларусь, согласно НДК (2017) [9], входят все лесные земли.

Результаты и их обсуждение. Важным фактором, влияющим на расчетную величину накопления углерода лесами Беларуси, является выбор базового уравнения в расчетах: по разности запасов (как сейчас) или по среднему приросту запаса. Наставления МГЭИК допускают применение любого из расчетных методов, содержащихся в Руководящих указаниях, в зависимости от особенностей данных, имеющихся в распоряжении [4].

Оценку депонирования углерода в Беларуси проводили разные авторы. Их данные различаются, что связано как с особенностями методического подхода, так и с изменениями запаса древесины в лесном фонде с течением времени. Депонирование углерода в мертвой древесине, подстилке, почвах и болотах в литературе освещено недостаточно [12].

Оценка запасов углерода может быть проведена разными методами: по пробным площадям или по данным о запасах и приростах древесины и фитомассы по учетам лесного фонда. Использование данных учета лесного фонда позволяет получить результаты быстрее и с наименьшими затратами, а точность этого метода часто бывает даже выше, чем экстраполяция материалов пробных площадей за пределы исследованных пород, классов бонитета, возраста и полноты. Поэтому для расчетов запаса углерода в древесине и фитомассе насаждений применяется методика, неоднократно апробированная другими авторами, т. е. использование материалов учета лесного фонда [12].

Все расчеты по балансу углерода и кадастру ПГ в лесах Республики Беларусь осуществляются с большой относительной неопределенностью (более 50 %) и требуют дальнейших исследований [4].

В 2017 г. общая эмиссия парниковых газов в эквиваленте CO₂ без учета сектора ЗИЗЛХ составила 94118,86 Гг, что на 32,5 % ниже по сравнению с 1990 г. (139 408,26) и на 2,6 % выше по сравнению с 2016 г. (табл. 2).

За период 1990–2017 гг. выбросы диоксида углерода уменьшились на 40,0 %, закиси азота – на 12,5, выбросы метана – на 10,0 % [9].

Таблица 2. Изменение эмиссии парниковых газов по секторам 1990–2017 гг., Гг экв. CO₂

Table 2. Change of greenhouse gas emission by sectors 1990–2017, Gg CO₂ eq.

Сектор	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2015 г.	2017 г.	Тренд 1990–2017 гг., %	Тренд 2016–2017 гг., %
Энергетика	98 104,4	52 403,8	58 591,5	54 042,2	57 698,49	–41,19	2,98
Промышленные процессы и использование продуктов	6030,6	4418,2	6245,7	6442,1	6074,50	0,73	0,68
Сельское хозяйство	32 109,1	21 111,1	23 568,4	23 053,4	24 215,21	–24,58	2,49
Отходы	3029,9	3283,4	5841,6	6633,2	6130,66	93,75	1,17
Всего (без учета ЗИЗЛХ), Гг	139 274,0	81 216,5	94 247,2	90 170,9	94 118,86	–32,49	2,58
ЗИЗЛХ (нетто-стоки)	–21 104,9	–33 242,8	–40 126,4	–27 409,6	–13 300,71	–36,98	–39,27
Итого с учетом ЗИЗЛХ, Гг	118 169,1	47 973,7	54 120,8	62 761,4	80 818,16	–31,69	15,71

В 2017 г. выбросы сектора «Энергетика» составили 57 698,49 Гг в эквиваленте CO₂, или 61 % общих национальных выбросов без учета сектора «ЗИЗЛХ». В целом, выбросы в секторе «Энергетика» за период с 1990 по 2017 г. снизились на 41 %. Это вызвано преимущественно структурными изменениями в ВВП в связи с увеличением доли менее энергоемких отраслей, таких как услуги и торговля в 2017 г. по сравнению с 1990 г.; активным внедрением энергосберегающих технологий практически во всех отраслях; переходом от угля и мазута к природному газу в качестве топлива; более интенсивным использованием биомассы в коммунально-бытовой и производственной сферах.

Выбросы в секторе «Промышленные процессы и использование продуктов» составили 6074,5 Гг в эквиваленте CO₂. По сравнению с базовым годом выбросы от промышленных процессов увеличились на 0,7 %, по сравнению с 2016 г. они также увеличились на 0,7 %.

Выбросы в секторе «Сельское хозяйство» в 2017 г. составили 24 215,21 Гг в эквиваленте CO₂, что соответствует 25 % общих национальных выбросов без учета сектора «ЗИЗЛХ». Это второй сектор по величине выбросов парниковых газов. В то же время в 2017 г. выбросы этого сектора сократились на 26 % по сравнению с 1990 г. за счет снижения сельскохозяйственного производства. Однако, начиная с 2003 г., в данном секторе стали возрастать выбросы парниковых газов из-за наращивания объемов производства сельскохозяйственной продукции и увеличения объемов внесения азотистых удобрений в почву.

Выбросы ПГ от сектора «Отходы» составили 6,5 % в общих выбросах в 2017 г. и возросли за период 1990–2017 гг. на 94 % с 3164,24 Гг в эквиваленте CO₂ до 6130,66 Гг за счет увеличения выбросов метана от полигонов твердых коммунальных отходов. Выбросы ПГ в этом секторе в 2017 г. незначительно возросли – на 1,2 % по сравнению с 2016 г., что связано с увеличением производства отдельных видов продукции, и, соответственно, объема образовавшихся промышленных сточных вод.

В секторе «ЗИЗЛХ» наблюдается снижение нетто-стоков по сравнению с 1990 г. на 37 %, что связано, главным образом, с уменьшением живой биомассы в лесном фонде, а также с уменьшением запасов углерода в почвах и резким изменением запасов углерода в мертвой биомассе лесов (табл. 3).

Сектор ЗИЗЛХ является нетто-стоком ПГ в Республике Беларусь. Наибольший вклад в поглощение ПГ вносит категория 4.A «Лесные земли», в частности подкатегория 4.A.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями». Уменьшение поглощения на 27,33 % по сравнению с 1990 г. связано со значительным увеличением рубок в лесном секторе, а также с увеличением контролируемого сжигания биомассы. По сравнению с 2016 г. произошло уменьшение живой биомассы в лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на 11,83 %, что, в свою очередь, привело к резкому снижению поглощения ПГ.

В данной категории оценивалось изменение запаса углерода в древесной биомассе, валежной древесине, подстилке и минеральных почвах на покрытых лесом землях лесного фонда, выбросы ПГ от контролируемого сжигания и лесных пожаров. В настоящее время нет достаточных данных относительно биомассы земель, ежегодно переходящих в категорию покрытых лесом земель, все изменения запасов углерода в биомассе покрытых лесом земель оценивались в категории «Лесные земли, остающиеся лесными землями».

Оценка изменения запаса углерода в данной категории выполнялась в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике для ЗИЗЛХ в рамках метода 1 (метод по умолчанию) с использованием национальных коэффициентов и с коэффициентами по умолчанию.

Таблица 3. Выбросы и стоки ПГ в CO₂ экв. в секторе ЗИЗЛХ, Гг

Table 3. GHG emission and sinks in CO₂ eq. in LULUCF sector, Gg

Год	Выбросы и стоки ПГ в CO ₂ экв.			
	Баланс	4.A Лесные земли	4.B Возделываемые земли	4.D Водно-болотные угодья
1990	-21 104,96	-24 271,45	3117,00	49,50
1995	-28 909,51	-32 452,13	3509,55	33,07
2000	-33 242,76	-37 399,40	4137,28	19,36
2005	-29 144,17	-33 031,46	3873,43	13,86
2010	-40 126,39	-43 844,03	3707,70	9,94
2015	-27 409,57	-32 656,28	5239,59	7,11
2017	-13 300,71	-17 637,38	4327,11	9,57
Тренд 1990–2017, %	-36,98	-27,33	38,82	-80,67

Данные о площади лесов, породно-возрастном составе были получены на основе данных об инвентаризации лесов, проводимых в 1988, 1994, 2001 г. Данные о покрытой лесом площади за промежуточные годы получены методом интерполяции. Начиная с 2002 г., берутся из ежегодного государственного лесного кадастра. За период инвентаризации площадь покрытых лесом земель в республике увеличилась; при этом сохраняется тенденция увеличения количества приспевающих, спелых и перестойных лесов при снижении удельного веса молодняков.

Запас углерода в CO_2 эквиваленте в древесной биомассе на покрытых лесом землях в 2017 г. уменьшился по отношению к базовому году на 77,19 %, что в первую очередь связано с рекордным увеличением объемов рубок, а также гибели древостоя в 2017 г. от пожаров.

В категории 4.В «Возделываемые земли» рассматриваются земли под многолетними насаждениями и органические возделываемые почвы. В 2017 г. выбросы от Возделываемых почв увеличились на 38,8 % к уровню 1990 г., что связано с увеличением рубок многолетних насаждений, а также с увеличением площади органических почв в данной категории.

Исходные данные о площадях многолетних культур получены на основании данных предоставленных Государственным комитетом по имуществу за период с 1990 по 2017 г. При этом определяли суммарные площади многолетних культур и изменение этих площадей по сравнению с предыдущим годом. В случае сокращения площадей под многолетними насаждениями оценивали потери углерода в биомассе на этих площадях. На возделываемых площадях рассчитывали накопление углерода. Расчет изменения запаса углерода в надземной биомассе многолетних культур выполняли в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (2006 г.). Коэффициенты накопления углерода в растущей биомассе ($2,1 \text{ т С га}^{-1} \text{ год}^{-1}$) и потери углерода при вырубке или гибели насаждений (63 т С/га^{-1}) взяты из таблицы 5.1 для умеренного климата [11].

Оценка изменения содержания углерода в минеральных почвах основана на изменениях в использовании земель и деятельности по управлению за 20-летний период.

В соответствии с Руководящими принципами запас углерода почв в год инвентаризации сравнивается с запасом углерода почв 20 лет до инвентаризации. Так как национальная статистика не располагает данными об изменениях в интенсивности использования сельскохозяйственных земель по типам почв, поэтому величины коэффициентов приняты постоянными и нетто-изменение равно нулю.

В категории 4.Д «Водно-болотные угодья» рассматриваются земли, используемые для торфодобычи. В 2017 г. выбросы ПГ от разрабатываемых торфяных месторождений уменьшились на 80,67 % по отношению к 1990 г., что связано с сокращением разработки новых торфяных месторождений, а также с переводом разработанных месторождений в другие категории землепользования.

Выбросы CO_2 рассчитаны в соответствии с уровнем 1 Руководящих принципов МГЭИК [11]. Расчетные данные о площадях осушенных земель, используемых в сельском хозяйстве, предоставлены Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь.

Для территории Беларуси характерно наличие значительных площадей переувлажненных земель, которые до начала их мелиоративного освоения занимали 39 % территории республики. По состоянию на 1 января 2017 г. общая площадь осушенных сельскохозяйственных земель республики составляет 2871,7 тыс. га, из них возделываемых – 1423,4 тыс. га.

Следует отметить, что углеродный баланс лесов не является стабильным во временном аспекте, что связано с динамикой древесных запасов. В середине XX в. наблюдалась положительная их динамика, обусловленная расширенным лесоразведением (рост лесистости увеличился почти в 2 раза), преобладанием молодняков и средневозрастных лесов, отличающихся кульминацией текущего прироста и относительно невысоким размером древеснопопользования [10].

В соответствии с утвержденными методологиями для источников/поглотителей ПГ с высокой степенью неопределенности (в частности, биогенные потоки ПГ) предусматривается консервативный подход, который заключается в занижении оценок для стоков и завышении для выбросов ПГ при высоких диапазонах разбросов исходных данных и/или пересчетных коэффициентов [13].

Для совершенствования инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ необходимо выполнение таких работ, как:

- Разработка новых и совершенствование имеющихся методологий по расчету национальных коэффициентов выбросов;
- Сбор более точных и детальных сведений о категориях землепользования, и конверсии земель;
- Представление категорий землепользования в полном объеме;
- Сбор необходимых данных и выполнение оценки изменений содержания углерода в почвах для категорий Пастбища и Возделываемые земли;
- Совершенствование процедуры проверки и контроля качества, включая независимое рецензирование оценок выбросов ПГ;

- Более широкое привлечение специалистов лесного хозяйства для проведения исследований и разработок в этом секторе с учетом особенностей Республики Беларусь;
- Проведение оценки выбросов/стоков ПГ для категорий земель, переустраиваемых в иные категории;
- Расчет значений потоков ПГ в категории Водно-болотные угодья с использованием национальных коэффициентов [9];
- Проведение экспериментальных исследований по выбросам ПГ.

Заключение. Инвентаризацию ПГ необходимо регулярно проводить для того, чтобы иметь необходимые данные для осуществления полной оценки влияния на атмосферный воздух выбросов ПГ и озоноразрушающих веществ.

Сектор ЗИЗЛХ является нетто-стоком ПГ в Республике Беларусь. Наибольший вклад в поглощение ПГ вносит категория 4.А «Лесные земли», в частности подкатегория 4.А.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями».

В Секторе «ЗИЗЛХ» наблюдается снижение нетто-стоков по сравнению с 1990 г. на 37 %, что связано, главным образом, с уменьшением живой биомассы в лесном фонде, а также с уменьшением запасов углерода в почвах и резким изменением запасов углерода в мертвой биомассе лесов.

Поглощение CO₂ связано с накоплением углерода в биомассе, детрите и органическом веществе почв на лесных землях, а выбросы ПГ – с лесозаготовками, обезлесением, лесными пожарами и осушением лесных земель.

В дальнейшем в кадастре ПГ необходимо представление данных о выбросах/поглощениях ПГ в полном объеме, а также разработка национальных методик по оценке выбросов/поглощений ПГ и национальных коэффициентов выбросов.

Все методики численной оценки углеродного бюджета лесов строго следуют рекомендациям, изложенным в Руководящих указаниях МГЭИК. Рекомендации носят рамочный характер и оставляют достаточно большой простор странам в выборе конкретных способов расчета с учетом национальных условий и особенностей устоявшихся толкований определений и терминов. Кроме того, в Рекомендации регулярно вносят изменения [4].

Следует отметить, что данные инвентаризации ПГ являются основой для подготовки национальных сообщений и других отчетных документов Республики Беларусь для Секретариата РКИК ООН и Парижского соглашения, выполнения прогнозов выбросов ПГ разработки национальных программных и стратегических документов в области изменения климата [9].

Список использованных источников

1. Хамзина, Ш. Ш., Кадырова, М. С., Шереметьев, Д. В. Подходы к оценке и инвентаризации выбросов парниковых газов / Ш. Ш. Хамзина, М. С. Кадырова, Д. В. Шереметьев // Вестник КазНУ. Сер. экологическая. – 2013. – № 2/2 (38). – С. 384–387.
2. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата. – М., 1992. – 32 с.
3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. – М., 1997. – 30 с.
4. Филипчук, А. Н. Новые аспекты оценки поглощения парниковых газов лесами России в контексте Парижского соглашения об изменении климата [Электронный ресурс] / А. Н. Филипчук, Б. Н. Моисеев, Н. В. Малышева // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 88–98. – Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/>. – Дата доступа: 15.11.2018.
5. О принятии международного договора : Указ Президента Респ. Беларусь от 20.09.2016 г. № 345.
6. Paris Agreement – Status of Ratification. – Режим доступа : <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>. – Дата доступа: 02.08.2018.
7. Предполагаемые национально-определяемые вклады Республики Беларусь, согласно параграфам 13 и 14 решения 1/СР.20 Конференции Сторон РКИК ООН : письмо Мин-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды от 25.09.2015 г. №12-9-5/1455-вн. – 8 с.
8. Яцухно, В. М. Парижское соглашение по климату: задачи и перспективы для Республики Беларусь / В. М. Яцухно // Вестник БГУ. Сер. 1. – 2016. – № 1. – С. 90–92.
9. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2017 гг. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2018. – 220 с.
10. Рожков, Л. Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси / Л. Н. Рожков // Тр. БГТУ: Лесное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 62–70.
11. МГЭИК 2006, Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов : Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов / Х. С. Игглестон, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара, К. Танабе // Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. – 2006. – Ч. 1. – Т. 4. – Япония : ИГЕС, 2006.

12. Деponирование и эмиссия углерода на землях лесного фонда в Республике Беларусь / А. В. Пугачевский, В. Ф. Багинский, С. М. Жданович, М. В. Ермохин, О. В. Лапичкая // Лесная таксация и лесоустройство. – 2010. № 2 (44). – Красноярск : Сибирский гос. технолог. ун-т, 2010. – С. 85–93.

13. Коротков, В. Н. Особенности учета выбросов и стоков парниковых газов при облесении, обезлесении и лесоправлении в рамках отчетности по киотскому протоколу / В. Н. Коротков, А. А. Романовская // Тр. Санкт-Петербургского науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства. – 2013. – № 2. – СПб., 2013. – С. 12–15.

14. Инструкция о порядке заполнения формы ведомственной отчетности 22-зем «Отчет о наличии и распределении земель»: утв. Приказом Гос. комитета по имуществу Респ. Беларусь от 22.12.2017 г. № 268.

15. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-З. Принят Палатой представителей 17 июня 2008 г. Одобрен Советом Республики 28 июня 2008 г.

16. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2015 гг. – М., 2017. – Ч. 1. – 471 с.

17. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2016 год [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. (21 Мб). – Минск: Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоакт. загрязнения и мониторингу окруж. среды, 2017. – С. 265–297.

References

1. Hamzina Sh. Sh., Kadyrova M. S., Sheremet'ev D. V. *Podhodyi k otsenke i inventarizatsii vyibrosov parnikovyykh gazov* [Approaches to the assessment and inventory of greenhouse gas emissions]. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya = Bulletin of KazNU. The series is ecological*. No. 2/2 (38), 2013, pp. 384–387 (in Russian).

2. *Ramochnaya konventsiya Organizatsii Ob'edinennykh Natsiy ob izmenenii klimata* [United Nations Framework Convention on Climate Change]. Moscow, 1992, 32 p. (in Russian).

3. *Kiotskiy protokol k Ramochnoy konventsii Organizatsii Ob'edinennykh Natsiy ob izmenenii klimata* [Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change]. Moscow, 1997. 30 p. (in Russian).

4. Filipchuk A. N., Moiseev B. N., Malysheva N. V. *Novyye aspekty otsenki pogloscheniya parnikovyykh gazov lesami Rossii v kontekste Parizhskogo soglasheniya ob izmenenii klimata* [New aspects of assessing the absorption of greenhouse gases by Russia's forests in the context of the Paris Agreement on Climate Change]. *Lesohozyaystvennaya informatsiya = Forestry information*. 2017, no. 1, pp. 88–98. Available at: <http://lhi.vniilm.ru/> (accessed 15 November 2018) (in Russian).

5. *Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus № 345 "O prinyatii mezhdunarodnogo dogovora" ot 20.09.2016 g.* [Decree of the President of the Republic of Belarus No. 345 "On the Adoption of an International Treaty" of September 20, 2016] (in Russian).

6. Paris Agreement – Status of Ratification. Available at: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification> (accessed 2 August 2018).

7. *Pismo ot 25.09.2015 № 12-9-5/1455-vn Ministerstva prirodnykh resursov i ohrany okruzhayushey sredy "Predpolagaemye natsionalno-opredelyaemye vklady Respubliki Belarus, soglasno paragrafam 13 i 14 resheniya 1/SR.20 Konventsii Storon RKIK OON"* [Letter No. 12-9-5 / 1455-nd of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection "Estimated nationally-defined contributions of the Republic of Belarus dated 12.29.2015, pursuant to paragraphs 1 and 12 of decision 1 / CP.20 of the Conference of the Parties to the UNFCCC"]. 8 p. (in Russian).

8. Jacuhno V. M. *Parizhskoe soglasenie po klimatu: zadachi i perspektivy dlya Respubliki Belarus* [Paris Climate Agreement: Challenges and Prospects for the Republic of Belarus]. *Vestnik BGU = Bulletin of BSU*. Ser. 1, 2016, no. 1, pp. 90–92 (in Russian).

9. *Natsionalnyy doklad o kadaстре antropogennykh vyibrosov iz istochnikov i absorptsii poglotitelyami parnikovyykh gazov, ne reguliruemyykh Monrealskim protokolom za 1990–2017 gg.* [National inventory report of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for the period of 1990–2017] RUE "Bel SRC" Ecology", Minsk, 2018, 220 p. (in Russian).

10. Rozhkov L. N. *Metodicheskie podhodyi rascheta uglerodnykh pulov v lesah Belarusi* [Methodical approaches to the calculation of carbon pools in the forests of Belarus]. *Trudy BGTU. Lesnoe hozyaystvo* [Proceedings of BSTU. Forestry]. 2011, no. 1, pp. 62–70 (in Russian).

11. *MGEIK 2006, Rukovodnyaschie printsipy natsionalnykh inventarizatsiy parnikovyykh gazov* [IPCC, 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories]. *Podgotovleno Programmoy MGEIK po natsionalnyim kadastram parnikovyykh gazov* [Prepared by the IPCC Program on National Greenhouse Gas Inventories]. Iggleston H. S., Buendia L., Miva K., Ngara T. and Tanabe K. (editors). *Selskoe hozyaystvo, lesnoe hozyaystvo i drugie vidy zemlepolzovaniya = Agriculture, forestry and other land uses*, vol. 4, part 1, Japan, IHEES Publ., 2006 (in Russian).

12. Pugachevskiy A. V., Baginskij V. F., Zhdanovich S. M., Ermohin M. V., Lapickaja O. V. *Deponirovanie i emissiya ugleroda na zemlyah lesnogo fonda v Respublike Belarus* [Carbon deposition and emission on the lands of the forest fund in the Republic of Belarus]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo = Forest taxation and forest inventory*. No. 2 (44), Krasnoyarsk, Siberian State Technological University Publ., 2010, pp. 85–93 (in Russian).

13. Kоротков V. N., Romanovskaja A. A. *Osobennosti ucheta vyibrosov i stokov parnikovyykh gazov pri oblesenii, obezlesenii i lesoupravlenii v ramkah otchetnosti po kiotskomu protokolu* [Peculiarities of accounting for greenhouse gas emissions and sinks in afforestation, deforestation and forest management within the framework of reporting under the Kyoto Protocol]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry]. No. 2, St. Petersburg, 2013, pp. 12–15 (in Russian).

14. *Instruktsiya o poryadke zapolneniya formy vedomstvennoy otchetnosti 22-zem "Otchet o nalichii i raspredelenii zeme"* [Instruction on the procedure for filling out the form of departmental reporting 22-zem "Report on the availability and distribution of land"]. Utverzhdena Prikazom Gosudarstvennogo komiteta po imuschestvu Respubliki Belarus ot 22.12.2017 g. [Approved by Order of the State Property Committee of the Republic of Belarus of December 22, 2017], no. 268 (in Russian).

15. *Kodeks Respubliki Belarus o zemle ot 23 iyulya 2008 g.* [The Land Code of the Republic of Belarus of July 23, 2008], no. 425-3. *Prinyat Palatoy predstaviteley 17 iyunya 2008 goda. Odobren Sovetom Respubliki 28 iyunya 2008 goda* [Adopted by the House of Representatives on June 17, 2008. Approved by the Council of the Republic on June 28, 2008] (in Russian).

16. *Natsionalnyy doklad o kadastre antropogennykh vyibrosov iz istochnikov i absorbtzii poglotitelyami parnikovyykh gazov, ne reguliruemyykh Monrealskim protokolom za 1990–2015 gg.* [National inventory report of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for the period of 1990–2015]. Part 1, Moscow, 2017, 471 p. (in Russian).

17. *Natsionalnaya sistema monitoringa okruzhayushey sredy v Respublike Belarus: rezultaty nablyudeniy, 2016 god* [National environmental monitoring system in the Republic of Belarus: Observation results], 2016. *Elektron. tekstovyye, graf. dan.* [Electron. text, graph. date (21 Mb)]. Minsk, the Republican Center for Hydrometeorology, radioactive contamination control and environmental monitoring Publ., 2017, pp. 265–297 (in Russian).

Информация об авторах

Конькова Виктория Михайловна – аспирант, мл. науч. сотрудник, Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, РУП «Белорусский научно-исследовательский Центр «Экология» (ул. Г. Якубова, 76, 220095 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: konkowa_wiktorija@mail.ru

Наркевич Иван Петрович – доцент, д-р техн. наук, Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, РУП «Белорусский научно-исследовательский Центр «Экология» (ул. Г. Якубова, 76, 220095 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ivan.narkevitch@mail.ru

Information about the authors

Viktoryia M. Konkova – Graduate Student, Junior Research, International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Scientific-Research Center "Ecology" (76, G. Yakubova st., Minsk, 220095, Republic of Belarus). E-mail: konkowa_wiktorija@mail.ru

Ivan P. Narkevitch – Associate Professor, D.Cs. (Technical), International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Scientific-Research Center "Ecology" (76, G. Yakubova st., Minsk, 220095, Republic of Belarus). E-mail: ivan.narkevitch@mail.ru