7. Reimann C., Filzmoser P., Garret R.G., Dutter R. Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics with R. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2008, 343 p.

УДК 630*907.3:528.94 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-373-382

Н.В. Малышева[1], Т.А. Золина[2], В.Ю. Дедова[3]

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ РОССИИ: ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АСПЕКТ

АННОТАЦИЯ

С помощью инструментария ГИС идентифицированы таксономические категории оценки накопления углерода лесами России. Это однородные по лесорастительным условиям страты, соответствующие современному отраслевому варианту лесорастительного районирования. Стратификация лесов на начальном этапе существенно снижает неопределённость оценок поглощения CO_2, поскольку для численной оценки депонирования углерода лесами необходимы конверсионные коэффициенты пересчёта запасов стволовой древесины в фитомассу, зависящие от лесорастительных условий. Территориальные единицы управления лесами (лесничества) увязаны со стратами. Для территорий лесничеств с учётом площади, приуроченной к стратам, определены конверсионные коэффициенты пересчета запасов стволовой древесины в фитомассу. Все операции и пересчёт конверсионных коэффициентов проведены в среде ГИС благодаря доступным функциональным возможностям анализа геопространственных данных. Локализованы учётные единицы углеродного бюджета лесов России. Выполнена оценка продукционного потенциала лесов. Для пространственного представления результатов расчётов депонирования углерода и баланса углерода программными средствами ArcGIS составлены карты. Исходя из пространственного представления рассчитанных показателей, установлено, что наибольшие темпы годичного накопления углерода приходятся на хвойно-широколиственные леса Европейско-Уральской части России на территории Калининградской, Смоленской и Брянской областей, хвойно-широколиственные леса Приамурско-Приморского лесного района на границе Хабаровского и Приморского краев, а также отдельные лесничества Кабардино-Балкарии, приуроченные к Северо-Кавказскому горному району. Геопространственный аспект дополняет анализ экологического потенциала лесов по сокращению эмиссий углекислого газа в атмосферу и экспериментальные оценки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

леса России, ГИС, депонирование углерода лесами, баланс углерода, чистая экосистемная продукция (NEP)

---

[1] Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ); 141200 Россия, г. Пушкино, Московская обл., ул. Институтская,15; *e-mail:* nat-malysheva@yandex.ru.

[2] Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ); 141200 Россия, г. Пушкино, Московская обл., ул. Институтская,15; *e-mail:* tzolina@gmail.com

[3] Московский государственный университете имени М.В. Ломоносова, географический факультет; Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* dedovaval1993@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В рамках Парижского соглашения Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК ООН), принятого на Всемирной конференции ООН в 2015 г., Россия возложила на себя добровольные обязательства снизить выбросы парниковых газов к 2030 г. на 30 % при условии максимально возможного учёта способности своих лесов связывать и накапливать атмосферный углерод. Планирование и осуществление практических мер по противодействию и адаптации к изменению климата требует наличия адекватной информации об объекте, в частности, – о запасах и потоках углерода в лесах. В последние два десятилетия оценке углеродного бюджета лесов посвящены десятки тысяч работ разных научных коллективов. Повышенное внимание к проблеме расчета углеродного бюджета в лесах России и годичного депонирования углерода основными типами лесных экосистем пока не привело к получению сопоставимых результатов. Численные оценки, полученные разными научными коллективами, значительно расходятся при высокой степени неопределённости. Несмотря на различие методических подходов и используемых информационных источников, все глобальные и региональные оценки получены расчётным путем и основаны на моделировании. Геоинформационная составляющая исследований, как правило, сводится к представлению результатов численных оценок на национальном, региональном или локальном уровнях, к их визуализации [Замолодчиков и др., 2014]. Известная группа канадских исследователей на начальном этапе, предваряющем модельные расчеты, использует ГИС для пространственного анализа данных с целью идентификации учётных единиц углеродного бюджета перед загрузкой в модель [Kurz et al., 2009]. Группа учёных Института прикладного системного анализа [Швиденко, Щепащенко, 2014] обобщает доступную наземную и спутниковую информацию о земельном покрове, ландшафтах и экосистемах в ИЗИС (интегральной земельной информационной системе), обрабатывает и отбирает типологические единицы, подлежащие параметризации, которые включены в последующем в расчёты полного углеродного бюджета лесов России.

Мы попытались также системно и последовательно подойти к решению проблемы. Сначала в среде ГИС идентифицировали географически обусловленные таксономические категории оценки, затем перешли к пространственной локализации учётных единиц и их характеристик и, в заключение, к представлению в картографической форме выполненных экспериментальных расчетов годичного депонирования углерода и углеродного бюджета.

Цель нашего исследования – идентифицировать с помощью ГИС учётные единицы для расчётов углеродного бюджета лесов национального уровня, оценить продукционный потенциал лесов и представить результаты экспериментальных расчетов депонирования углерода и баланса углерода в картографической форме.

В соответствии с обязательствами Российская Федерация как страна-участница РКИК ООН ежегодно представляет в Секретариат РКИК доклад, содержащий данные об антропогенных источниках и стоках парниковых газов, детализированные в соответствии с требованиями Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) по секторам экономики, включая сектор землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ). При подготовке национального доклада используют данные ежегодного кадастра выбросов из источников и абсорбции поглотителями CO_2 и других парниковых газов, их инвентаризации. Методология и методика ведения кадастра для сектора землепользования, изменений землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) и требования к учёту выбросов и поглощения лесами парниковых газов изложены в «Руководящих указаниях по эффективной практике для землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства» [http://www.ipcc-ggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Chp3/Chp3_2_Forest Land.pdf] и дополнениях к ним [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp]. В наставлениях, подготовленных группой международных экспертов МГЭИК ООН, указано, что данные по сектору ЗИЗЛХ необходимо стратифицировать по географически обусловленным таксономическим

единицам, для которых в итоге сформировать суммарную оценку накопления (депонирования) углерода и углеродного бюджета.

Качественные и количественные характеристики лесов, определяющие их продукционный потенциал, связаны с лесорастительными условиями, гидротермическими (поступление тепла и влаги) и эдафическими (подстилающие породы и почвы). Карты накопления биомассы (фитомассы и мёртвого органического вещества) и ежегодной продуктивности наземных экосистем России приведены в ряде современных комплексных атласов и рассматриваются как развивающееся и перспективное направление экологического картографирования [Голубева и др., 2016].

Биологическая продуктивность экосистем обобщена в фундаментальной работе Н.И. Базилевич [1993], из которой многие исследователи заимствуют параметры для расчёта накопления углерода в фитомассе лесов (надземной и подземной). Другая работа – С.Ф. Курнаева [1973], пользующаяся авторитетом у специалистов, которые занимаются вопросами продуктивности лесов, касается пространственной дифференциации их количественных и качественных характеристик по лесорастительным зонам, провинциям и округам. Последняя из упомянутых содержит карту лесорастительного районирования. В последующем этот вариант районирования представлен в виде карты-врезки на изданной в 1991 г. многолистной карте лесов СССР. Сочетание сведений из этих двух источников (количественных показателей – из первого, пространственного представления – из второго) позволяет получить параметры для пересчёта запаса стволовой древесины в фитомассу по группам пород и древесным породам, исходя из зонально-типологического принципа. Большинство исследователей, как в рамках научных проектов, так и при подготовке национальной отчетности по результатам кадастра стоков и источников парниковых газов по сектору ЗИЗЛХ использует районирование для географической детализации расчётов [Замолодчиков и др., 2014]. Вместе с тем геоинформационная поддержка методики исследований и кадастровых работ остаётся ограниченной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стратифицированными пространственными единицами кадастра по сектору ЗИЗЛХ служат таксоны лесорастительного районирования. Поэтому предварительно, до выполнения численных оценок, целесообразно осуществить стратификацию лесов по зонально-территориальным полигонам, однородным по лесорастительным условиям.

Отправной точкой для стратификации лесов по общности лесорастительных условий служила карта лесорастительного районирования С.Ф. Курнаева. Однако на сегодня, несмотря на ее фундаментальный характер и большой объём привлечённых автором источников для анализа условий произрастания основных групп древесных пород и формирования зонально-типологических таксонов, нужно признать, что она устарела. Вместе с тем она имеет не только историческую ценность как архивный источник, но и традиционно используется наряду с другими для составления более поздних по времени версий карт лесорастительного районирования. Для соблюдения преемственности ранее проведенных расчётных оценок она была нами оцифрована и использована для аналитических операций, функционально поддерживаемых ArcGIS.

Нормативно-правовые документы, регламентирующие организацию ведения лесного хозяйства в Российской Федерации, предусматривают использование перечня лесорастительных зон и лесных районов, утвержденных Приказом Минприроды РФ 23.12.2015 № 569 (в ред. от 21.03.16 № 83). Наши исследования инициированы Федеральным агентством лесного хозяйства Минприроды РФ, поэтому мы также придерживаемся этой системы лесорастительного районирования. В среде ArcGIS подготовлена карта деления территории России на лесорастительные зоны и лесные районы, соответствующая нормативно-правовым документам Минприроды РФ. Созданная в программной среде ArcGIS цифровая основа с полигональным слоем лесорастительных зон и лесных районов может быть использована для

стратификации территории России на «географически обусловленные таксономические единицы». На сегодня, согласно отраслевым нормативно-правовым документам, территория России подразделена на 8 лесорастительных зон и 41 лесной район. На рисунке 1 приведена карта лесных районов России, созданная нами по текстовым и картографическим источникам. Она использована в последующем для оценки продукционной способности лесов и дифференциации учётных единиц при расчетах накопления углерода и углеродного бюджета.

Стратификация лесов по зонально-территориальным полигонам на уровне субъектов и, по возможности, на уровне лесничеств существенно снижает неопределенность оценок поглощения CO_2 лесами. Коэффициенты пересчёта запаса стволовой древесины в фитомассу для основных древесных пород и групп возраста дифференцированы по зонально-территориальным полигонам. Эти коэффициенты включены в уравнение расчёта накопления углерода в фитомассе лесов.

Функциональные возможности анализа геопространственных данных, доступные в ArcGIS (операции наложения и пересечения полигонов), позволили сформировать однородные страты, с которыми корреспондируются конверсионные коэффициенты для пересчёта запаса стволовой древесины в фитомассу. Аналитические операции наложения и пересечения выполнены для полигонов лесорастительных зон и провинций карты лесорастительного районирования С.Ф. Курнаева и полигонов лесных районов карты современного отраслевого лесорастительного районирования. Таким образом, с помощью инструментария ГИС идентифицированы страты, соответствующие современному отраслевому варианту лесорастительного районирования, со значениями коэффициентов, необходимых для численной оценки депонирования углерода лесами.

Российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов инициирована Распоряжением Правительства от 01.03.2006 № 278-р (в ред.10.03.2009). Национальный кадастр по сектору ЗИЗЛХ основан на использовании материалов ежегодной статистической отчетности по лесам России – данных государственного лесного реестра (ГЛР) или – до введения в действие в 2007 г. лесного законодательства – данных государственного учёта лесного фонда (ГУЛФ). Для экспериментальных работ по оценке депонирования углерода и углеродного бюджета лесов России нами также использованы данные ГЛР за 2015 г. на уровне лесничеств (территориальных единиц управления лесами). Документированная отчетность ГЛР содержит сведения о количественных и качественных характеристиках лесов страны, в том числе о площадях лесов по группам пород и древесным породам, запасе древостоев, возрасте древостоев, среднегодовых приростах запаса древостоев и т. д., агрегированные по субъектам и лесничествам, которые ежегодно обновляются.

Подготовленная нами цифровая основа с полигонами территориальных единиц управления лесами (лесничеств) России [Малышева и др., 2014] использована в настоящей работе для пространственной локализации продукционных характеристик лесов, необходимых для расчётов.

Оверлейные процедуры ГИС позволили дифференцировать полигоны лесничеств и субъектов по приуроченности к лесорастительным зонам и лесным районам, рассчитать их площади по таксонам и затем пересчитать конверсионные коэффициенты преобразования запасов стволовой древесины в фитомассу по лесничествам и субъектам Российской Федерации.

Статья 3.4. Киотского протокола, реализующего принципы РКИК ООН, предусматривает для подготовки национальной отчётности определение и территориально-пространственную идентификацию территорий, соответствующих категории «лес». В лесном хозяйстве России понятию «лес» по сущности отвечает термин «земли, занятые лесными насаждениями», а земли, временно утратившие лесной покров, но предназначенные для его восстановления, относят к «землям, не занятым лесными насаждениями». Эти две категории

в совокупности образуют «лесные земли», соответствующие категории «лес» в международных документах [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp]. Для дальнейшей детализации учётных единиц углеродного бюджета и, впоследствии, пространственного представления результатов расчётов необходимо определить границы полигонов лесных земель в границах субъектов России.

В сети Интернет выложены несколько карт мира различного тематического содержания с границами лесов, которые составлены по данным дистанционного зондирования. К наиболее известным относятся тематические карты лесов, подготовленные ФАО ООН [http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home], научным коллективом из Университета Мэриленда, США [http://earthenginepartners.appspot.com/google.com/science-2013-global-forest], гибридная карта, скомпилированная из всех упомянутых источников группой исследователей Института прикладного системного анализа (IIASA), Австрия [Schepaschenko *et al.,* 2015].

Для пространственного представления лесотаксационных характеристик, входных параметров оценки депонирования углерода (NEP) и углеродного бюджета (NBP) в границах лесных земель, выполнено преобразование карты лесов Российской Федерации, дифференцированных по преобладающим группам древесных пород и сомкнутости древесного полога [http://www.forestforum.ru/gis.php]. Карта подготовлена по результатам дешифрирования космических снимков MODIS с пространственным разрешением 250 м в видимом диапазоне электромагнитного спектра, имеет географическую привязку и размещена в открытом доступе в растровых форматах (TIFF и ArcInfo GRID). Выполнена векторизация растра с подразделением площадных объектов (полигонов) на две группы: лесные и нелесные земли. Полученная пространственная основа (базовая карта) в последующем использована для дифференциации лесных земель по обобщённым лесотаксационным данным, которые необходимы для подсчёта углеродного бюджета, визуализации численных оценок депонированного лесами углерода, т. е. дополнения расчетов геопространственным аспектом представления исходных данных и полученных результато Методика оценки годичного депонирования углерода лесными экосистемами исходит из рекомендаций, разработанных группой экспертов МГЭИК ООН [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html]. Для оценки годичного депонирования углерода использовано уравнение расчёта накопления углерода в фитомассе по среднегодовому приросту запаса стволовой древесины с последующим вычислением чистой экосистемной (NEP) и чистой биомной (NBP) продукции. Расчёты проведены Б.Н. Моисеевым по методике, изложенной в работе [Моисеев, Филипчук, 2009].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Геоинформационная поддержка оценки депонирования углерода лесами России и углеродного бюджета опробована в ходе экспериментальных исследований. Методика расчетов предусматривает использование ряда лесотаксационных характеристик. Основными характеристиками продукционного и экологического потенциала лесов служат преобладающие древесные породы и их группы, возрастная структура, средние запасы и средний годичный прирост запасов стволовой древесины. Производительность древостоев напрямую зависит от степени богатства лесорастительных условий, которые характеризует класс бонитета насаждений. Показатель среднего годичного прироста, т. е. скорость накопления запаса древесины определённой группой пород (приращение запаса древесины) за определённый период времени (год), характеризует продуктивность лесов.

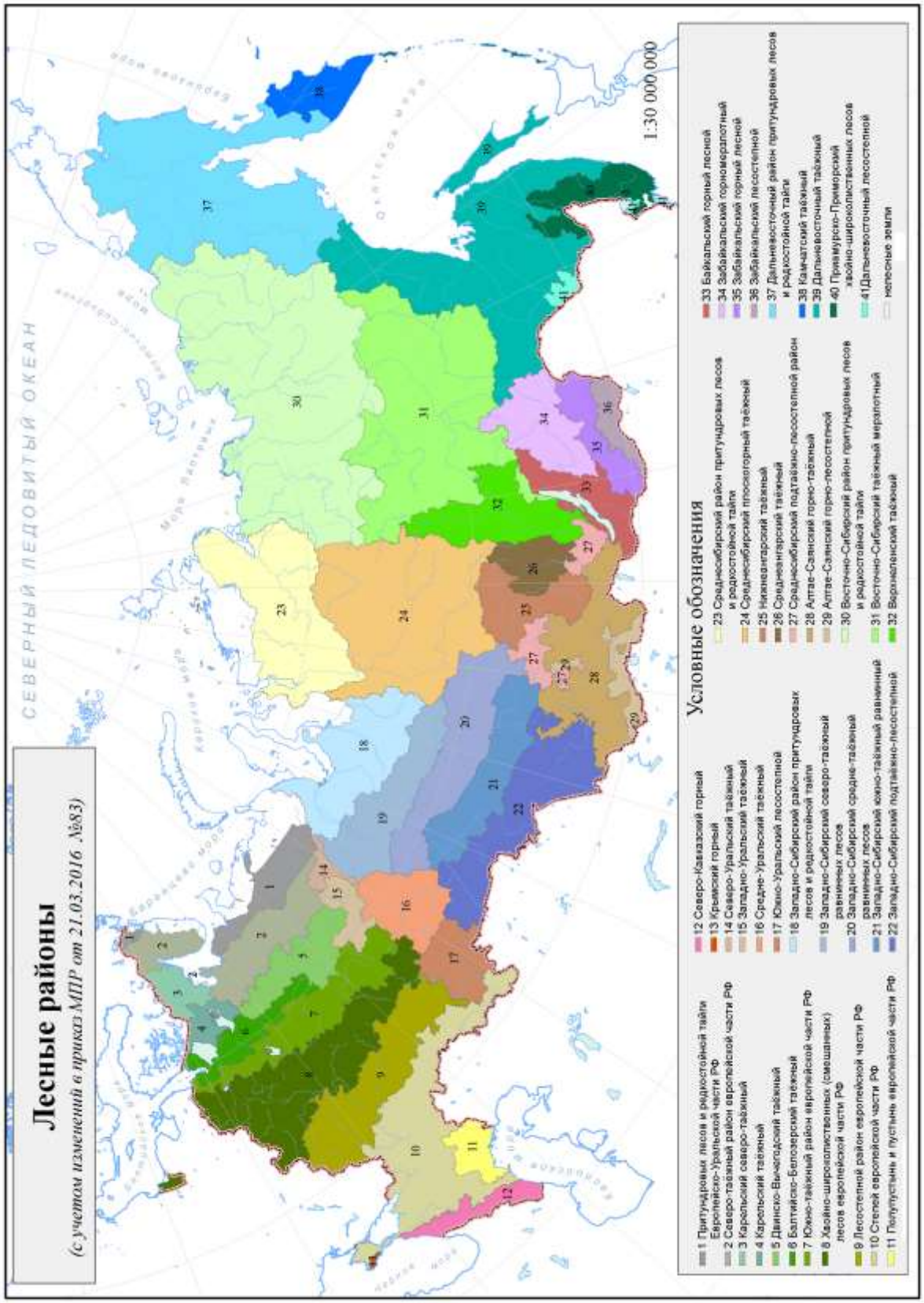

Рисунок 1. *Карта лесных районов России*
Figure 1. *Bioclimatic forest district map of Russia*

Разработаны тематические карты с пространственным представлением характеристик продукционного и экологического потенциала лесов: распределения преобладающих древесных пород, распределения основных групп пород (хвойных, мягколиственных, твердолиственных) по группам возраста, преобладающего возраста насаждений, преобладающих классов бонитета основных групп пород, преобладающих средних запасов древесины основных групп пород, средних годичных приростов древесины основных групп пород и т. д. Все показатели локализованы в границах полигонов лесных земель – учётных единиц национального кадастра стоков и источников С-CO_2 в секторе ЗИЗЛХ. Показатели изображены на картах способом уточненной картограммы. Карты составлены в программной среде ArcGIS.

По данным Государственного доклада о состоянии и использовании лесов Российской Федерации за 2015 г. [http://mnr.gov.ru/upload/iblock/28d/les_2015.docx], общий запас древесины в лесах страны составляет 82,79 млрд.м^3 и имеет тенденцию роста за последние полстолетия. Вместе с тем запас древесины на единицу площади, занятой лесными насаждениями, невелик и составляет в целом по стране 103 м^3/га. Пространственное распределение показателя на составленной нами карте соответствующей тематики позволяет отметить его наибольшие значения в лесах Калининградской, Тульской и Брянской областей – более 160 м^3/га и наименьшие – в зоне притундровых лесов, редкостойной тайги – менее 15 м^3/га.

Показателем продукционных характеристик служит скорость приращения запаса за год, или средний прирост запаса древесины. Средний прирост запаса древесины в лесах России составляет 1,33 м^3/га*год, прирост запаса хвойных пород – 1,13 м^3/га*год, а лиственных – 1,74 м^3/га*год. Наибольшие значения среднего прироста запаса – более 5,0 м^3/га*год – отмечены в хвойно-широколиственных лесах Калининградской обл., от 4,1 до 5,0 м^3/га*год – в других субъектах зоны хвойно-широколиственных (смешанных) лесов и лесостепи европейской части России, а наименьшие значения – менее 0,5 м^3/га*год – в зоне притундровых лесов и редкостойной тайги Сибири и Дальнего Востока.

2/3 площади лесов имеют низкую производительность. Наименее производительные хвойные и лиственные древостои произрастают в неблагоприятных климатических условиях в зоне притундровых лесов и редкостойной тайги, в районах горнотаёжных и таёжных равнинных лесов Восточной Сибири и Дальнего Востока, северо-таёжных районах европейской части России на бедных почвах, сформировавшихся в условиях вечной мерзлоты и почвах с избыточным увлажнением. Доля продуктивных (I–III классы бонитета) хвойных древостоев не превышает 16 % площади земель, занятых лесными насаждениями. Они приурочены к зоне горных лесов Северного Кавказа и хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Европейско-Уральской части России. В совокупности доля продуктивных насаждений всех групп пород составляет порядка 30 % земель, занятых лесными насаждениями.

Исходя из величины общего среднего прироста запаса древесины по данным государственного лесного реестра за 2015 г., рассчитаны показатели годичного накопления углерода экосистемами (NEP) и углеродного бюджета (NBP) по лесничествам. Результаты расчётов депонирования углерода и баланса углерода представлены в картографической форме. Выполненные работы проиллюстрированы рисунком 2. Карты дают представление о величине годичного накопления углерода (NEP) разными типами лесов и его пространственном распределении.

Анализ пространственного представления годичного накопления углерода лесами позволяет заключить, что наибольшие темпы накопления углерода (значения чистой экосистемной продукции (NEP) приходятся на хвойно-широколиственные леса Европейско-Уральской части России на территории Калининградской, Смоленской и Брянской областей, хвойно-широколиственные леса Приамурско-Приморского лесного района на границе Хабаровского и Приморского краев, а также отдельные лесничества Кабардино-Балкарии, приуроченные к Северо-Кавказскому горному району.

Результаты расчетов годичного депонирования углерода лесными экосистемами России и суммарные оценки бюджета углерода, представленные пространственно, схожи с числен-

ными оценками, сделанными авторитетным научным коллективом Института прикладного системного анализа – IIASA [Швиденко, Щепащенко 2014]. Расхождения оценок находятся в пределах неопределённости расчётов.

ВЫВОДЫ

С помощью инструментария ГИС идентифицированы страты, соответствующие современному отраслевому варианту лесорастительного районирования, со значениями конверсионных коэффициентов, необходимых для численной оценки депонирования углерода лесами. Однородные по лесорастительным условиям страты дифференцированы по территориальным единицам управления лесами (лесничествам). Для территорий лесничеств с учётом площади, приуроченной к стратам, определены конверсионные коэффициенты для пересчёта запасов стволовой древесины в фитомассу. Все операции и расчёт конверсионных коэффициентов проведены в среде ГИС, благодаря доступным в ГИС функциональным возможностям анализа геопространственных данных.

Пространственно локализованы учётные единицы углеродного бюджета лесов России. Выполнена оценка продукционного потенциала лесов России и дано территориально-пространственное представление результатов расчётов депонирования углерода и баланса углерода в картографической форме. Исходя из пространственного представления рассчитанных показателей, установлено, что наибольшие темпы годичного накопления углерода отмечены в хвойно-широколиственных лесах Европейско-Уральской части России на территории Калининградской, Смоленской и Брянской областей, хвойно-широколиственных лесах Приамурско-Приморского лесного района на границе Хабаровского и Приморского краёв, а также отдельных лесничествах Кабардино-Балкарии, приурочённых к Северо-Кавказскому горному району. Геопространственный аспект дополняет анализ экологического потенциала лесов по сокращению эмиссий углекислого газа в атмосферу и экспериментальные оценки.

Возможности ГИС для поддержки климатических исследований, связанных с оценкой экологического потенциала лесов, пока не реализованы в полной мере. В настоящем, в контексте глобальных климатических изменений, углерододепонирующий потенциал лесов рассматривается как один из важнейших экосистемных сервисов. Продукционный потенциал лесов и экосистемные услуги, прежде всего связанные с преодолением последствий климатических изменений, в ближайшем будущем могут приобрести даже бóльшую значимость, чем ресурсный потенциал. Это направление исследований признаётся международным научным сообществом наиболее перспективным и развивающимся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
2. *Голубева Е.И., Котова Т.В., Тульская Н.И.* Атласное картографирование продукционных процессов наземных экосистем России. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2016. – Т. 60. – № 5. – С. 8–12.
3. *Замолодчиков Д. Грабовский В., Курц В.* Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее, будущее // Устойчивое лесопользование. – 2014. – № 2 (39). – С. 23–31.
4. *Курнаев С.Ф.* Лесорастительное районирование СССР. – М.: Наука, 1973. – 325 с.
5. *Малышева Н.В., Золина Т.А., Владимирова Н.А.* Локальный картографический сервис для визуализации статистических данных о лесах России // Вестник Московского университета. – Серия 5. География. – 2014. – № 6. – С. 32–38.
6. *Моисеев Б.Н., Филипчук А.Н.* Методика МГЭИК для расчёта годичного депонирования углерода и оценка её применения для лесов России // Лесное хозяйство. – 2009, № 4. – С. 11–13.

7. *Швиденко А.З., Щепащенко Д.Г.* Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 1. – С. 69–92.
8. *Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G.J., Smith C., Simpson B.N., Nielson E.T., Trofimow J.A., Metsaranta J., Apps M.J.* CMS-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards // Ecological Modelling. – 2009. – 220. – Pp. 480–504; doi:10.111016/j.ecolmodel.2008.10.018.
9. *Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M.Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F.* Estimation of Forest Area and its Dynamics in Russia Based on Synthesis of Remote Sensing Products // Contemporary Problems of Ecology. – 2015. – Vol. 8. – No 7; doi: 10.1134/S1995425515070136.

Nataliya V. Malysheva[1], Tatiana A. Zolina[2], Valeria Yu. Dedova[3]

ESTIMATION OF CARBON SEQUESTRATION BY RUSSIAN FORESTS: GEOSPATIAL ISSUE

ABSTRACT

Categories of carbon sequestration assessment for Russian forests are identified by GIS toolkit. Those are uniform by bioclimatic and site-specific conditions strata corresponding to modern version of bioclimatic forest district division. Stratification of forests at early stage substantially reduces the ambiguity of the evaluation because phytomass conversion sequestration capacity and expansion factor dependent on site-specific condition for calculating of forest carbon sink are absolutely necessary. Forest management units were linked to strata. Biomass conversion and expansion factor for forest carbon sink assessment linked to the strata were recalculated for forest management units. All operations were carried out with GIS analytical toolkit due to accessible functionalities. Units for forest carbon storage inventory and forest carbon balance calculation were localized. Production capacity parameters and forest carbon sequestration capacity have been visualized on maps complied by ArcGIS. Based on spatially-explicit information, we have found out that the greatest annual rates of forest's carbon accumulation in Russian forests fall into mixed coniferous-deciduous forests of European-Ural part of Russia to Kaliningrad, Smolensk and Briansk Regions, coniferous-deciduous forests close to the boundary of Khabarovsk Region and Primorskij Kray in the Far East, as well as separate forest management units of Kabardino-Balkariya North-Caucasian mountain area. The geospatial visualization of carbon sequestration by Russian forests and carbon balance assessment has been given.

KEYWORDS:

Russian forests, GIS, carbon sequestration, carbon balance, net ecosystem production (NEP)

[1] Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM); 15 Institutskaya st, Pushkino, Moscow Region, Russia, 141200; *e-mail*:nat-malysheva@yandex.ru
[2] Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM); 15 Institutskaya st, Pushkino, Moscow Region, Russia, 141200, *e-mail*: tzolina@gmail.com
[3] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 1 Leninskye Gory, Moscow, Russia, 119991, *e-mail*:dedova.val1993@mail.ru.

REFERENCES

1. Bazilevich N.I. Biologicheskaja produktivnost' ekosistem Severnoj Evrazii [Biological Productivity of North Eurasian Ecosystems], Moscow: Nauka, 1993, 293 p. (in Russian)
2. Golubeva E., Kotova T., Tulskaya N. Atlasnoe kartografirovanie produkcionnyh processov nazemnyh ekosistem Rossii [Atlas mapping of Production Processes in Terrestrial Ecosystems of Russia], Izvestia Vuzov. Geodeziya i aehrofotos'yomka, 2016, Vol. 60, No 5, pp. 8–12 (in Russian).
3. Zamolodchikov D., Grabovskii V., Kurts V. Upravlenie balansom ugleroda lesov Rossii: proshloe, nastoiashchee i budushchee [Carbon balance management of Russian forests: Past, Present and Future], Ustoichivoe lesopol'zovanie, 2014, No. 2 (39), pp. 23–31 (in Russian).
4. Kurnajev S.F. Lesorastitel'noe rajonirovanie SSSR [Bioclimatic division of the USSR], Moscow: Nauka, 1973, 325 p. (in Russian).
5. Malysheva N.V., Zolina T.A., Vladimirova N.A Lokal'nyj kartograficheskij servis dlja vizualizacii statisticheskih dannyh o lesah Rossii [Local map service for visualizing the statistical data for Russian forests], Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seria 5, Geografija, 2014, No 6, pp. 32–38 (in Russian).
6. Moiseev B.N., Filipchuk A.N. Metodika MGEIK dlia rascheta godichnogo deponirovaniia ugleroda i otsenka ee primeneniia dlia lesov Rossii [IPCC methodology for the calculation of the annual carbon sequestration and evaluation of its application for the Russian forest]. Lesnoe khoziaistvo, 2009, No 4, pp. 11–13 (in Russian).
7. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G. Uglerodnyi biudzhet lesov Rossii [The Carbon Budget of Russian Forests]. Sibirskii lesnoi zhurnal, 2014, No. 1, pp.69–92 (in Russian).
8. Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G.J., Smith C., Simpson B.N., Nielson E.T., Trofimow J.A., Metsaranta J., Apps M.J. CMS-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards, Ecological Modelling, 2009, 220, pp. 480–504; doi:10.111016/j.ecolmodel.2008.10.018.
9. Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M.Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F. Estimation of Forest Area and its Dynamics in Russia Based on Synthesis of Remote Sensing Products, Contemporary Problems of Ecology, 2015, Vol. 8, No 7; doi: 10.1134/S1995425515070136.