

УДК 631.445.12+631.417.1 (470)

## ОЦЕНКА ПУЛА УГЛЕРОДА БОЛОТ ПО СУБЪЕКТАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ<sup>1</sup>

© 2024 г. С. Э. Вомперский<sup>а</sup>, \*, А. А. Сиринов<sup>а</sup>, Т. В. Глухова<sup>а</sup>, О. П. Цыганова<sup>а</sup>, Н. А. Валяева<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21,  
с. Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл., 143030 Россия

\*E-mail: nas57nas57@yandex.ru, root@ilan.ras.ru

Поступила в редакцию 30.11.2023 г.

После доработки 15.01.2024 г.

Принята к публикации 08.02.2024 г.

Проведена текущая более детальная оценка площадей болот и заболоченных земель Российской Федерации (РФ) и запаса углерода в их торфах. По сравнению с предыдущей оценкой (Вомперский и др., 1994) в связи с созданием геоинформационной системы (ГИС) “Болота России” в Институте лесоведения РАН (Вомперский и др., 2005), помимо картографической основы, стало возможным включать пополняемые слои тематического содержания и определять площади оторфованных земель и запаса углерода в их торфах не только в целом по стране, но и по субъектам РФ. Администрации каждого субъекта для рационального природопользования важно знать, каковы ресурсы торфа. Показано, что площадь болот и заболоченных земель составила 328 млн. га, запас торфа — 216.3 млрд. т (абс. сухой массы), а запас углерода в их торфах — 108.7 млрд. т. По сравнению с предыдущими оценками площадь уменьшилась на 11%, а запас углерода — на 4%. В Приложении к статье даны площади болот и заболоченных земель, углерода в их торфах и удельные запасы углерода на единицу площади болот и заболоченных земель в субъекте РФ. Получены также оценки запасов углерода отдельно для основных групп типов болот и заболоченных местообитаний.

*Ключевые слова:* запасы торфа и углерода, болота, заболоченные местообитания, ГИС, субъекты РФ.

DOI: 10.31857/S0024114824020019 EDN: RFDZRM

Болота занимают примерно 3% суши (Global Peatland..., 2022). На Россию приходится более трети болот мира и из-за разнообразия географических условий широкий спектр их природных вариантов. Благодаря уникальным свойствам, выраженным, прежде всего, в наличии торфяной залежи, болота и заболоченные земли играют важную роль в поддержании природных процессов на местном, региональном и глобальном уровнях в регулировании круговорота воды, углерода и других природных компонентов. Торфяная залежь является важнейшим резервуаром долговременного стока атмосферного углерода на суше, смягчая “парниковый эффект”. Болота, вклад которых в поддержание биоразнообразия и регулирования природных процессов очевиден, никогда не были объектом инвентаризации как экосистемы.

В литературе имеются разные оценки площадей болот бывшего СССР и современной России, которые анализировали ранее (Вомперский и др.,

1994; Vompersky et al., 1996). Низкая точность или неполнота исходных данных — главная причина этого. Особенно различаются экспертные (без достаточного объяснения методов подсчета) оценки: от 160 млн. га всех болот бывшего СССР (Botch et al., 1995) до 273 млн. га только в одной России (Efremov et al., 1998).

Почвенная карта РСФСР (Почвенная карта РСФСР, 1988) масштаба 1:2500000, на основе которой были получены оценки масштабов распространения заболоченных органометных почв и болот России, запасов в них углерода (Вомперский, 1994; Вомперский и др., 1994; Вомперский и др., 1999), является аргументированным источником сведений о распространении болот по территории РФ.

На основе оцифрованной Почвенной карты РСФСР (1988) в 2014 г. был опубликован Единый государственный реестр почвенных ресурсов России, где площади почв даны в процентах

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения “Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории

Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах” (рег. № 123030300031-6).

от территории субъекта Российской Федерации. (Единый государственный..., 2014).

Применение современных методов позволяет считать перспективным создание единой системы учета площадей болот и пулов углерода в их торфах на территории России.

Целью настоящей работы являлась оценка площадей торфопокровных земель России, запасов торфа и углерода в них.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Определение площадей заболоченных оторфованных земель и болот в 90-х годах производилось по их изображению на Почвенной карте РСФСР масштаба 1 : 2500000. (Почвенная карта РСФСР, 1988) с распределением по трапециям 1° широты на 2° долготы. Каждый учитываемый контур (выдел) в пределах трапеции измерялся палеткой, т.е. представлял собой большой объем ручной обработки картографического материала (Вомперский и др., 1994). Для перехода от пространственной привязки к трапециям географических координат к непрерывному картографическому изображению использовали цифровой вариант указанной выше карты, созданный в Институте почвоведения им. В.В. Докучаева. В ГИС “Болота России” ИЛАН РАН были созданы слои для оценки площадей болотных экосистем и заболоченных местообитаний (Вомперский и др., 2005).

ГИС “Болота России” создана исходно в среде MapViewer (Golden Software Inc.), совместимой для обработки и анализа информации с различными широко используемыми пакетами, такими как ArcGIS и MapInfo. ГИС рассчитана на картографическое представление данных в масштабе Российской Федерации и включает, помимо географической основы, различные, постоянно пополняемые слои тематического содержания, касающегося болот и заболоченных земель в стране. Для визуализации используется коническая проекция с параметрами, оптимизированными для компоновки картографического изображения. Для текущей оценки запасов углерода в болотных экосистемах и заболоченных мелкооторфованных местообитаниях были использованы данные об их распространении согласно ГИС “Болота России” ИЛАН РАН (Вомперский и др., 2011) и, как и в первоначальной оценке (Вомперский и др., 1994), — материалы разведки торфяных месторождений, литературные данные.

Учитывались только те почвы, в профиле которых имеется торфяной слой 0.1 м и более. Для мелкооторфованных (до 0.5 м) земель объем отложений определялся умножением площади картографических контуров разных заболоченных почв на свойственную им глубину торфа. Оценка запасов торфа болот глубиной более 0.5 м проводилась на основе учтенных торфяных месторождений

по состоянию на 01.01.1991 согласно “Балансу запасов полезных ископаемых России на 1 января 1991 года” (Баланс..., 1992). С тех пор новые изыскания практически остановлены, но оценки ресурсов торфа не устарели.

В объединении Торфгеология не учитываются торфяники мельче 0.5 м. Согласно легенде Почвенной карты РСФСР (1988), в состав комплексных болотных почв входят торфа мощностью от 0.3 до 0.5 м. Единую методику расчета запасов торфа мы применили для местообитаний с мощностью торфа от 0.1 м до 0.5 м. Расчет средней глубины и объемного веса (плотности) торфа базировался на данных серии “Торфяные месторождения” (1970–1990 гг.) по субъектам Федерации и информации, содержащейся в Атласе торфяных ресурсов СССР (Атлас..., 1968). Мы допустили, что все болота с глубиной более 0.5 м, отображаемые картой, являются ресурсными, т.е. “месторождениями торфа”. Для того, чтобы привести к единому “ключу” определение запаса торфа для всей страны, мы приняли, что тип залежи гидроморфных почв будет таким, каким является первое определение в названии почвы по легенде Почвенной карты, т.е. если название “торфяные болотные верховые и торфяные болотные переходные”, то расчет запаса торфа рассчитывали по параметрам для верхового типа залежи. Содержание углерода в абсолютно сухом торфе, по литературным данным, имеет большой разброс — от 48 до 65% (Лиштван, Король, 1975; Ефимов, 1986). Мы приняли содержание углерода в торфах 50% из-за разнообразия типов болот и заболоченных земель на обширных территориях РФ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Торфяные болота<sup>2</sup> — одни из наиболее представленных экосистем на территории Российской Федерации (Болота, 2017).

Как было нами установлено (Вомперский и др., 1994; Vompersky et al., 1996) на основе Почвенной карты РСФСР масштаба 1 : 2500000 (1988), в России имеется 139 млн. га болот со слоем торфа > 0.3 м. Большая часть их сосредоточена в Западно-Сибирской низменности (где они занимают до 70–90% площади), на севере страны, в таежной зоне европейской части России и на Дальнем Востоке. Громадной оказалась площадь заболоченных земель (со слоем торфа до 0.3 м) — 230 млн га. Таким образом, вместе болотные и заболоченные оторфованные земли составляют 369.1 млн га, т.е. 21.6% территории страны (Вомперский и др., 1994; Вомперский и др., 2005) (рис. 1).

Заболоченность районов Европейского Севера или Западной Сибири может достигать 40% и более (Торфяные болота..., 2001). В европейской части России болота покрывают около 6% территории (~23 млн га), а вместе с мелкооторфованными

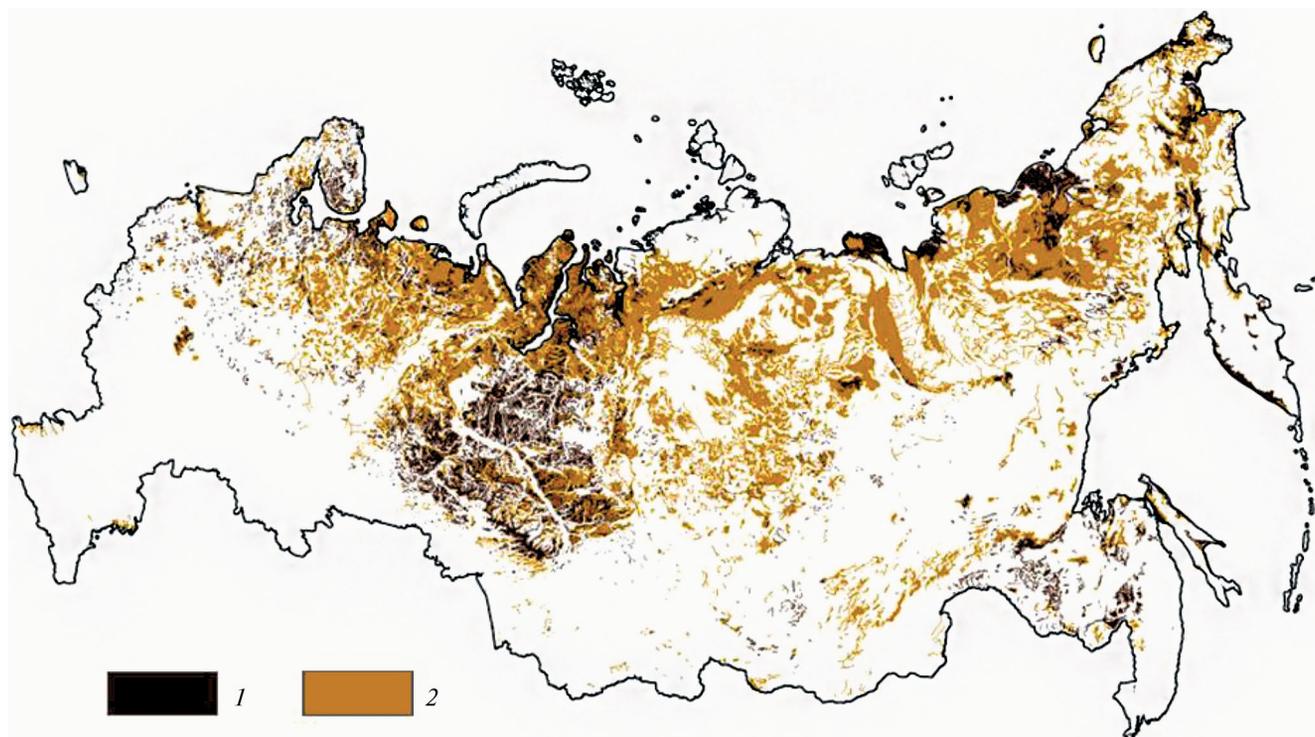


Рис. 1. Торфяные болота (торф > 0.3 м) (1) и заболоченные мелкоотторфованные земли (торф < 0.3 м) (2) в Российской Федерации. ГИС “Болота России” ИЛАН РАН (Сирин, 2022), по С.Э Вомперскому и др. (2011) с изменениями.

землями 17.5% (~68 млн. га) (Sirin et al., 2017). Заболоченность Российской Арктики, включая болота и мелкоотторфованные земли, превышает 30% (Болота, 2019).

Болота в России традиционно относятся к разным категориям земель (Торфяные болота..., 2001), что затрудняет их инвентаризацию и учет<sup>2</sup>. В связи с этим используются данные ГИС “Болота России” ИЛАН РАН, где интегрирована различная информация на основе данных почвенного картографирования (Вомперский и др., 1994; Вомперский и др., 2005). Проблема инвентаризации болот существует повсеместно (Joosten, Clarke, 2002; Assessment..., 2008), включая страны Европы (Tanneberger et al., 2017). Необходимы наземные данные, трудоемкие в получении и не совпадающие для разных стран, регионов, типов земель, что затрудняет надежную интеграцию. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) не позволяет достоверно определить наличие

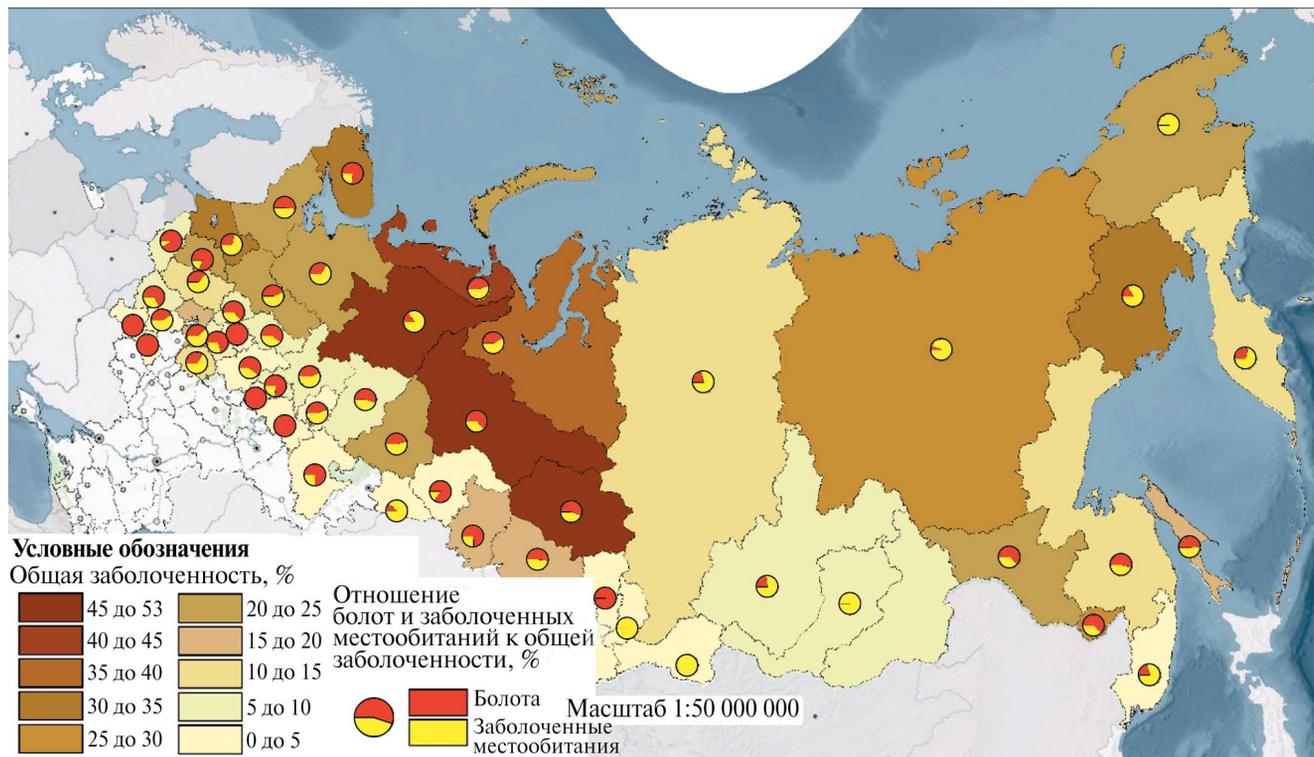
торфа, однако помогает при анализе растительного покрова, включая древесный (Вомперский и др., 2011), его состояния, привязке и уточнении наземных данных (Сирин и др., 2014). Особые сложности возникают при инвентаризации лесных болот (Вомперский и др., 2011), а также мест, где болотная растительность либо утратила характерные черты, например, при недостатке увлажнения и воздействии выпаса (Minaeva et al., 2005; Ильясов и др., 2018), либо сходна в тундре на участках с торфом и без него (Экологическая реставрация..., 2016).

Более 20% площади болот страны — мерзлые (полигональные и бугристые), переходные болота составляют около 30%, верховые и низинные — по 18%, остальные площади заняты грядово-мочажинными и грядово-озерковыми комплексами (Вомперский и др., 2005). 62% болот — открытые, 21% покрыты редколесной, а 17% — лесной растительностью (Вомперский и др., 2011).

<sup>2</sup>В научной и отраслевой литературе в большинстве случаев под термином “болота” понимают закрепленное ГОСТом (Гидрология суши, 1973) определение: “природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее отложения торфа, насыщенное водой и покрытое специфической растительностью”. Среди ботаников есть мнение, что наличие торфа не является обязательным атрибутом болота (Ниценко, 1967), и для исключения

семантических разночтений все шире используется термин “торфяное болото”, отраженный еще в Декрете СНК РСФСР от 17 мая 1922 года “О торфяных болотах”.

<sup>3</sup>Водный кодекс РФ (Водный кодекс..., 2006) относит болота к особым водным объектам, однако одинаковые по типу болотные массивы (например, верховые) могут относиться к разным категориям земель и, как следствие, быть с различным законодательно-нормативным регулированием.



**Рис. 2.** Общая заболоченность (болота и мелкоотторфованные земли) субъектов Российской Федерации, %. Административное деление РФ дано на 01.01.2022 г.

Экологическая значимость мелкоотторфованных земель с учетом их площадей в стране явно недооценивается (Вомперский и др., 1994; 2005; 2011; Минаева и др., 2008; Сирин, 2022). Их площадь в стране в 1.65 раза превышает площадь болот и в большинстве субъектов Российской Федерации преобладает в общей заболоченности.

Ключевым отличием данной работы от прежних оценок является более точный учет площадей болот (99.5 млн. га). Для площади мелкоотторфованных земель мы провели, согласно легенде Почвенной карты РСФСР (1988), анализ структуры этих земель и получили 228.71 млн. га. Суммарная площадь составила 328.2 млн. га (рис. 2, Приложение).

*Оценка пула углерода болот по субъектам РФ.* Запас углерода болот мира оценивается в  $500 \pm 100$  ГтС (Yu, 2012), однако эти оценки достаточно условны. Только для северных болот они могут варьировать в диапазоне 300–600 ГтС (Qiu et al., 2021). Во всех природных зонах болота многократно опережают зональные экосистемы по запасу углерода на единицу площади: в тундре — в 3.5 раза, а в таежной зоне — в 7 раз (Assessment..., 2008).

Запасы углерода болот и заболоченных земель России оцениваются от 113.5 (Вомперский и др., 1994) до 210 млрд. т (Botch et al., 1995). По нашему мнению, экспертная оценка М.С. Боч завышена. Однако и более обоснованные наши расчеты определения требуют в дальнейшем усовершенствования

по мере улучшения натурной информации об избыточно увлажненных землях страны. Были получены также предварительные оценки запасов углерода отдельно для основных групп типов болот страны (табл.). Запасы углерода в торфах болот и заболоченных земель по субъектам РФ представлены на рис. 3.

Запас торфа в болотах составил 171.3, а в заболоченных землях — 46.12 млрд т (табл.). Общий запас углерода в торфах болот и заболоченных мелкоотторфованных земель страны оценен в 108.7 млрд т: 85.7 млрд т приходится собственно на болота и 23 млрд т — на заболоченные земли, что несколько меньше полученных ранее данных — 113.5 млрд т (Вомперский и др., 1994), где точность определений оценивалась в 15–20%. Основной вклад в запас углерода болот страны вносят верховые болота — 39% всего запаса углерода торфов, 20.5% — переходные болота и 7% — низинные (табл.). Более 12% запаса углерода в торфе болот содержится в мерзлых болотах — полигональных и бугристых. Среди заболоченных земель лидируют заболоченные таежные леса и редколесья (12%), тундра и лесотундра (8.6%) и заболоченные поймы (0.5%) (табл.).

Кроме оценки общих запасов углерода для страны (108.7 млрд т) и ее субъектов (Приложение), были рассчитаны удельные запасы углерода в торфах по субъектам РФ относительно суммарной площади болот и заболоченных земель в субъекте

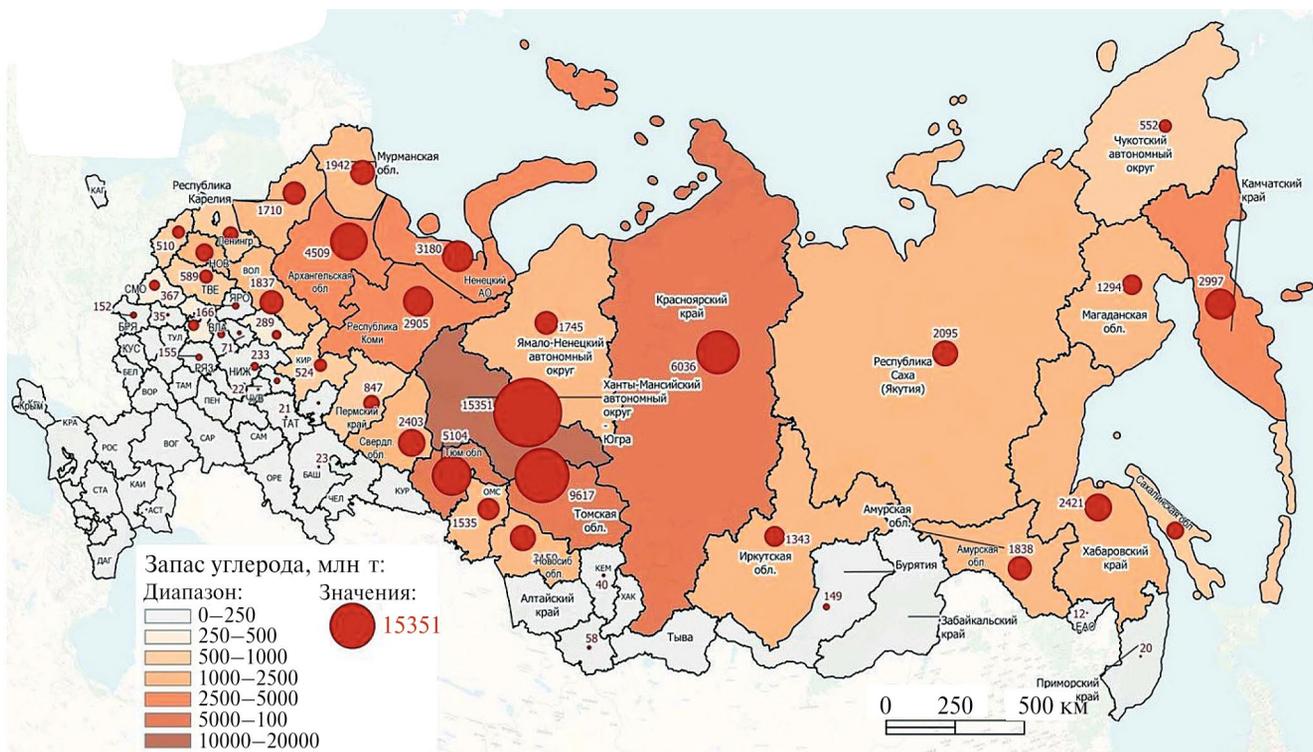


Рис. 3. Запас углерода торфов (болота и мелкоотторфованные земли) по субъектам Российской Федерации, млн т. Административное деление РФ дано на 01.01.2022 г.

(рис. 4, Приложение) и всей территории РФ, которые составили 311.22 т С/га.

По удельным запасам углерода можно косвенно судить о мощности торфа, степени увлажнения

территории в субъекте. Не всегда крупный субъект Российской Федерации вносит существенный вклад в удельный запас углерода в торфе.

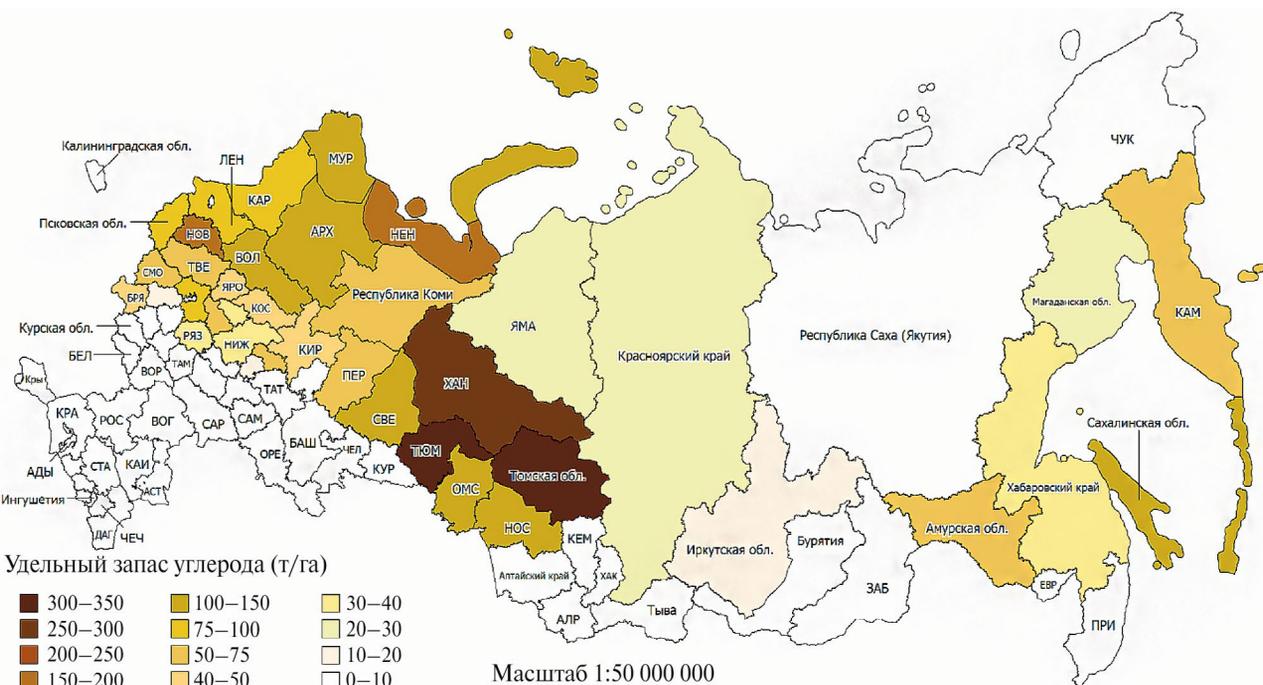


Рис. 4. Удельный запас углерода торфов (болота и мелкоотторфованные земли) по субъектам РФ, т С/га. Административное деление РФ дано на 01.01.2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе развиваемой в ИЛАН РАН ГИС “Болота России” с привлечением сведений о запасах торфа в торфяных месторождениях по регионам, их характеристикам по дистанционным, картографическим и другим данным, анализу характеристик торфяных залежей и торфов получены уточненные оценки запасов углерода в болотах и заболоченных мелкоотторфованных землях Российской Федерации. Общий запас углерода в торфах болот и заболоченных мелкоотторфованных землях страны составил 108.7 млрд т: 85.7 млрд т приходится собственно на болота и 23 млрд т – на заболоченные земли. Более точный расчет запасов углерода с привлечением современных методов составил разницу в 4,8 млрд т, т.е. в меньшую сторону по сравнению с определением в 90-е годы.

Основной вклад в запас углерода болот страны вносят верховые болота – 39% всего запаса углерода в торфах болот и заболоченных местообитаний, 20.5% – переходные болота и 7% – низинные. Более 12% запаса углерода в торфах болот содержится в мерзлых болотах – полигональных и бугристых. Среди заболоченных земель лидируют заболоченные таежные леса и редколесья (12%), тундра и лесотундра (8.6%) и заболоченные поймы (0.5%). Абсолютные значения запасов углерода в торфах на всю страну (108.7 млрд т) и по субъектам РФ (Приложение) и относительные (331 т С га<sup>-1</sup>) на единицу суммарной площади болот и заболоченных местообитаний, визуализированных в виде серии соответствующих карт.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас торфяных ресурсов СССР / Под ред. Д.В. Сысоева. М.: М-во геологии РСФСР, 1968. 96 с.
- Баланс запасов полезных ископаемых России на 1.01.1991. М.: Роскомнедра. СГП по разведке торфа “Торфгеология”, 1992. 91 с.
- Болота // Российская Арктика: Пространство. Время. Ресурсы. Атлас / Под ред. И.И. Сечина. М.: Феория, 2019. С. 344–345.
- Болота // Экологический атлас России / Под ред. Н.С. Касимова, В.С. Тикунова. М.: Феория, 2017. С. 118–121.
- Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ.
- Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Чтения памяти ак. В.Н. Сукачева. XI: Биогеоэкологические особенности болот и их рациональное использование. М.: Наука, 1994. С. 5–37
- Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г. Заболоченные органомные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.
- Вомперский С.Э., Сиринов А.А., Сальников А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России // Лесоведение. 2011. № 5. С. 3–11.
- Вомперский С.Э., Сиринов А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Майков Д.А. Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия // Известия РАН. Серия географическая. 2005. № 5. С. 39–50.
- Вомперский С.Э., Цыганова О.П., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Валяева Н.А. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // Избр. научн. труды по проблеме “Глобальная эволюция биосферы. Антропогенный вклад”. М.: Научный совет НТП “Глобальные изменения природной среды и климата”, 1999. С. 124–144.
- Гидрология суши. Термины и определения. ГОСТ 19179-73. М.: Государственный Комитет СССР по стандартам, 1973. 34 с.
- Декрет СНК РСФСР от 17.05.1922 “О торфяных болотах”
- Единый государственный реестр почвенных ресурсов России // Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 2014. URL: <http://egrpr.soil.msu.ru> (дата обращения: 15.11.2022).
- Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 264 с.
- Ильясов Д.В., Сиринов А.А., Суворов Г.Г., Метелева М.М., Маслов А.А., Мулдашев А.А., Широких П.С., Бикбаев И.Г., Мартыненко В.Б. Почвы и растительность антропогенно-измененного торфяника в степной зоне (на примере массива Берказан-Камыш, Башкирия) // Агрохимия. 2018. № 12. С. 46–59. DOI: 10.1134/S0002188118120062
- Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 318 с.
- Минаева Т.Ю., Трофимов С.Я., Чичагова О.А., Дорофеева Е.И., Сиринов А.А., Глушков И.В., Михайлов Н.Д., Кромер Б. Накопление углерода в почвах лесных и болотных экосистем южного Валдая в голоцене // Известия РАН. Серия биологическая. 2008. № 5. С. 607–616.
- Ниценко А.А. О терминологии основных понятий болотоведения // Ботанический журнал. 1967. Т. 52. № 11. С. 1692–1696.
- Почвенная карта РСФСР. М.: 1:2500000 / Под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК СССР, 1988. 16 л.
- Сиринов А.А., Маслов А.А., Валяева Н.А., Цыганова О.П., Глухова Т.В. Картографирование торфяных болот Московской области по данным космической съемки высокого разрешения // Лесоведение. 2014. № 5. С. 65–71.
- Сиринов А.А. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 6. С. 560–577. DOI: 10.31857/S0042132422060096

- Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / Под ред. А.А. Сирина, Т.Ю. Минаевой. М.: Геос, 2001. 190 с.
- Торфяные месторождения (по разным областям). М.: Мингео РСФСР, 1970–1990.
- Экологическая реставрация в Арктике: обзор международного и российского опыта / Под ред. Т.Ю. Минаевой. Сыктывкар; Нарьян-Мар: Триада, 2016. 288 с.
- Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Main report / Eds. F. Parish, A. Sirin, D. Charman et al. Global Environment Centre. Kuala Lumpur and Wetlands International. Wageningen. 2008. 179 p.
- Botch M.S., Kobak K.I., Vinson T.S., Kolchugina T.P.* Carbon pools and accumulation in peatlands of the former Soviet Union // *Global Biogeochemical Cycles*. 1995. V. 9. № 1. P. 37–46.
- Efremov S.P., Efremova T.T., Melentyeva N.V.* Carbon Storage in Peatland Ecosystems // *Carbon storage in Forests and Peatlands of Russia*. 1998.
- Global Peatland Database. Greifswald Mire Centre. 2022. URL: <https://greifswaldmoor.de/global-peatland-database-en.html> (дата обращения: 15.11.2022).
- Joosten H., Clarke D. Wise use of mires and peatlands – background and principles including a framework for decision-making. Saarijarvi. Finland: Saarijarven Offset Oy, 2002. 303 p.
- Minayeva T., Sirin A., Dorofeyuk N., Smagin V., Bayasgalan D., Gunin P., Dugardjav Ch., Bazha S., Tsedendash G., Zoyo D.* Mongolian Mires: from taiga to desert // *Mires – from Siberia to Tierra del Fuego*. Stapfia. V. 85. 2005. P. 335–352.
- Qiu C., Ciais P., Zhu D.* A strong mitigation scenario maintains climate neutrality of northern peatlands // *One Earth*. 2021.  
DOI: 10.1016/j.oneear.2021.12.008
- Sirin A., Minayeva T., Yurkovskaya T.* Russian Federation (European Part) // *Mires and Peatlands of Europe: Status. Distribution and Conservation* / Eds. H. Joosten, F. Tanneberger, A. Moen. Stuttgart. Germany: Schweizerbart Science Publishers, 2017. P. 589–616.  
DOI: 10.1127/mireseurope/2017/0001-0049
- Tanneberger F., Tegetmeyer C., Busse et al.* The peatland map of Europe // *Mires and Peat*. 2017. V. 19 Article 22. P. 1–17.  
DOI: 10.19189/MaP.2016.OMB.264
- Vompersky S.E., Thyganova O.P., Valyaeva N.A., Glukhova T.V.* Peat-covered wetlands of Russia and carbon pool of their peat // *Peatlands Use – Present. Past and Future*. 10th Intern. Peat Cong. 27 May – 2 June 1996. Bremen. Germany. Proceeding: 381–390.
- Yu Z.C.* Northern peatland carbon stocks and dynamics: A review // *Biogeosciences*. 2012. V. 9. 4071–4085.  
DOI: 10.5194/bg-9-4071-2012

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Распределение запаса углерода в болотах и заболоченных землях по субъектам Российской Федерации

Субъект РФ	Болота и заболоченные местообитания			Запас углерода в болотах, млн т С
	Общая площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Запас углерода, млн т С	Удельный запас углерода, т С/га	
1	2	3	4	5
Российская Федерация	3282.18	108712.66	331.22	85622.30
Алтайский край	0.00	0.00	0.00	0.00
Амурская область	72.66	2029.08	279.24	1861.71
Архангельская область	131.29	5383.13	410.01	4509.29
Астраханская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Белгородская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Брянская область	1.17	151.59	1298.72	151.59
Владимирская область	2.16	200.38	929.28	193.87
Волгоградская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Вологодская область	35.48	2036.47	574.04	1837.26
Воронежская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Еврейская АО	9.44	245.63	260.23	227.85
Забайкальский край	31.80	264.00	83.03	0.00
Ивановская область	0.71	70.64	989.7	70.64
Иркутская область	61.86	1642.89	265.58	1343.36
Кабардино-Балкарская республика	0.00	0.00	0.00	0.00
Калининградская область	0.02	0.00	0.00	0.00
Калужская область	0.84	40.00	474.6	35.08
Камчатский край	60.11	2211.62	367.93	1757.06
Карачаево-Черкесская республика	0.00	0.00	0.00	0.00
Кемеровская область	0.08	8.42	1039.54	8.42
Кировская область	10.25	572.21	558.14	523.79
Костромская область	4.32	306.31	709.01	288.94
Краснодарский край	0.00	0.00	0.00	0.00
Красноярский край	244.68	8567.77	350.16	6135.56
Курганская область	0.16	0.72	44.77	0.00
Курская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Ленинградская область	25.44	952.56	374.49	763.83
Липецкая область	0.00	0.00	0.00	0.00
Магаданская область	158.67	2067.90	130.33	1047.65
Московская область	7.20	437.19	606.83	392.16
Мурманская область	44.28	2193.61	495.41	2092.48
Ненецкий АО	75.24	2345.02	311.66	1842.80
Нижегородская область	3.49	246.03	704.31	232.66
Новгородская область	11.37	1041.26	915.80	1015.71
Новосибирская область	33.87	2013.11	594.36	1931.38
Омская область	24.26	1796.05	740.38	1733.88
Оренбургская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Орловская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Пензенская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Пермский край	10.04	889.10	885.34	846.59
Приморский край	1.79	27.30	152.29	20.11

Субъект РФ	Болота и заболоченные местообитания			Запас углерода в болотах, млн т С
	Общая площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Запас углерода, млн т С	Удельный запас углерода, т С/га	
1	2	3	4	5
Псковская область	4.72	515.28	1092.84	509.61
Республика Адыгея	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Алтай	0.71	59.09	834.12	58.36
Республика Башкортостан	0.27	23.80	874.68	23.46
Республика Бурятия	35.01	359.78	102.75	0.00
Республика Дагестан	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Ингушетия	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Калмыкия	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Карелия	39.54	1901.70	480.95	1709.84
Республика Коми	201.03	4159.31	206.90	2446.29
Республика Крым	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Марий Эл	1.48	134.36	909.17	130.85
Республика Мордовия	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Саха (Якутия)	789.70	9630.94	121.96	2083.15
Республика Северная Осетия	0.00	0.00	0.00	0.00
Республика Татарстан	0.18	21.17	1149.69	21.17
Республика Тыва	2.34	17.57	74.96	0.00
Республика Хакасия	0.04	0.19	50.00	0.00
Ростовская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Рязанская область	5.28	190.33	360.70	155.12
Самарская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Саратовская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Сахалинская область	13.77	765.67	555.90	686.54
Свердловская область	44.44	2391.25	538.10	2191.85
Смоленская область	3.92	279.33	968.54	366.69
Ставропольский край	0.00	0.00	0.00	0.00
Тамбовская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Тверская область	12.31	672.50	546.24	588.78
Томская область	162.83	10279.88	631.34	9617.32
Тульская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Тюменская область	63.60	7313.52	1149.89	7232.31
Удмуртская республика	0.76	38.87	511.31	36.74
Ульяновская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Хабаровский край	99.43	2688.03	270.33	2420.89
Ханты-Мансийский АО	278.70	18311.67	657.04	17335.79
Челябинская область	0.00	0.00	0.00	0.00
Чеченская республика	0.00	0.00	0.00	0.00
Чувашская республика	0.19	21.68	1155.15	21.68
Чукотский АО	179.80	2046.91	113.84	0.00
Ямало-Ненецкий АО	277.64	8877.43	319.74	6969.31
Ярославская область	1.81	172.42	951.90	165.90

## Current Assessment of the Wetland Carbon Pool in Different Constituent Entities of the Russian Federation

S. E. Vompersky<sup>1, \*</sup>, A. A. Sirin<sup>1</sup>, T. V. Glukhova<sup>1</sup>, O. P. Tsyganova<sup>1</sup>, N. A. Valyaeva<sup>1</sup>

*Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences. Sovetskaya str. 21. Moscow region.*

*Uspenskoye vlg. 143030 Russia*

*\*E-mail: root@ilan.ras.ru*

A current more detailed assessment of the bog and wetland areas in the Russian Federation (RF) and the carbon stock in their peat layers has been conducted. Compared to the previous assessment (Vompersky et al., 1994), the creation of the geoinformation system (GIS) “Bogs of Russia” at the Institute of Forestry Science of the Russian Academy of Sciences (Vompersky et al. 2005), allowed to include, in addition to the cartographic basis, replenishable layers of thematic content and to determine the areas of peatlands and carbon stock in their peat layers not only for the whole country, but also for separate constituent entities of the Russian Federation country as a whole, but also for the constituent entities of the Russian Federation. It is important for the administration of each constituent territory to be aware of the peat reserve volumes in order for sustainable nature management to be maintained. It is shown that the area of bogs and marshlands amounted to 328 million hectares, peat stock — to 216.3 billion tons (abs. dry mass). The stock of carbon associated with the peat was 108.7 billion tons. Compared to previous estimates, the area decreased by 11% and carbon stock by 4%. The Annex to the article contains the data on the bogs and wetlands areas, overall carbon stock in their peat layers and specific carbon stocks per unit area of bogs and wetlands for different constituent entities of the Russian Federation. The carbon stocks estimates were also obtained separately for the main groups of bog and wetland habitat types.

*Key words: peat and carbon stocks, bogs, wetland habitats, GIS, RF constituent entities.*

**Acknowledgements:** The work has been carried out within the framework of the innovative federal project “Development of remote and surface-based monitoring systems for carbon pool and greenhouse gases’ fluxes in Russian Federation; ensuring the creation of a data recording system for the fluxes of climatically active substances and carbon budget in forests and other terrestrial ecosystems” (No. 123030300031–6).

### REFERENCES

- Assessment on peatlands, biodiversity and climate change*, Main report, Global Environment Centre. Kuala Lumpur and Wetlands International: Wageningen, 2008, 179 p.
- Atlas torfyanykh resursov SSSR* (Atlas of peat resources of the USSR), Moscow: M-vo geologii RSFSR, 1968, 96 p.
- Balans zapasov poleznykh iskopaemykh Rossii na 1.01.1991*, (Balance of mineral reserves of Russia as of January 1, 1991), Moscow: Roskomnedra. SGP po razvedke torfa “Torfgeologiya”, 1992, 91 p.
- Bolota (Peatlands), In: *Rossiiskaya Arktika: Prostranstvo. Vremya. Resursy. Atlas* (Russian Arctic: Space. Time. Resources. Atlas), Moscow: Feoriya, 2019, pp. 344–345.
- Bolota, (Peatlands), In: *Ekologicheskii atlas Rossii* (Ecological Atlas of Russia), Moscow: Feoriya, 2017, pp. 118–121.
- Botch M.S., Kobak K.I., Vinson T.S., Kolchugina T.P., Carbon pools and accumulation in peatlands of the former Soviet Union, *Global Biogeochemical Cycles*, 1995, Vol. 9, No. 1, pp. 37–46.
- Dekret SNK RSFSR ot 17.05.1922 “O torfyanykh bolotakh”*, (Decree of the Council of People’s Commissars of the RSFSR dated May 17, 1922 “On peatlands”).
- Efimov V.N., *Torfyanye pochvy i ikh plodorodie* (Peat soils and their fertility), Leningrad: Agropromizdat, 1986, 264 p.
- Efremov S.P., Efremova T.T., Melentyeva N.V., Carbon Storage in Peatland Ecosystems, In: *Carbon storage in Forests and Peatlands of Russia*, 1998, pp. 69–76.
- Ekologicheskaya restavratsiya v Arktike: obzor mezhdunarodnogo i rossiiskogo opyta* (Ecological restoration in Arctic: review of the international and Russian practices), Syktyvkar; Naryan-Mar: Triada, 2016, 288 p.
- Global Peatland Database. Greifswald Mire Centre*, 2022, available at: <https://greifswaldmoor.de/global-peatland-database-en.html> (15 November, 2022).
- GOST 19179–73. Gidrologiya sushy. Terminy i opredeleniya*, (Land hydrology. Terms and Definitions), Moscow: Gosudarstvennyi Komitet SSSR po standartam, 1973, 34 p. <http://egrpr.soil.msu.ru>, (15 November, 2022).
- Il’yasov D.V., Sirin A.A., Suvorov G.G., Meteleva M.M., Maslov A.A., Muldashev A.A., Shirokikh P.S., Bikbaev I.G., Martynenko V.B., *Pochvy i rastitel’nost’ antropogennno-izmenennogo torfyanika v stepnoi zone (na primere massiva Berkazan-Kamysh, Bashkiriya)* (Soils and

- Vegetation of Anthropogenic Changed Steppe Peatland (Berkazan-Kamysh, Bashkiriya), *Agrokhimiya*, 2018, No. 12, pp. 46–59.  
DOI: 10.1134/S0002188118120062
- Joosten H., Clarke D., *Wise use of mires and peatlands — background and principles including a framework for decision-making*, Saarijarvi. Finland: Saarijarven Offset Oy, 2002, 303 p.
- Lishtvan I.I., Korol' N.T., *Osnovnye svoistva torfa i metody ikh opredeleniya* (Basic properties of peat and methods for their determination), Minsk: Nauka i tekhnika, 1975, 318 p.
- Minaeva T.Y., Trofimov S.Y., Chichagova O.A., Dorofeeva E.I., Sirin A.A., Glushkov I.V., Mikhailov N.D., Kromer B., Nakoplenie ugleroda v pochvakh lesnykh i bolotnykh ekosistem yuzhnogo Valdaya v golotsene (Carbon Accumulation in Soils of Forest and Bog Ecosystems of Southern Valdai in the Holocene), *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya*, 2008, No. 5, pp. 607–616.
- Minayeva T., Sirin A., Dorofeyuk N., Smagin V., Bayasgalan D., Gunin P., Dugardjav Ch., Bazha S., Tseden-dash G., Zoyo D., Mongolian Mires: from taiga to desert, In: *Mires — from Siberia to Tierra del Fuego*, Stapfia, Vol. 85, 2005, pp. 335–352.
- Nitsenko A.A., O terminologii osnovnykh ponyatii bolotovedeniya (About the main terms of peatland science), *Botanicheskii zhurnal*, 1967, Vol. 52, No. 11, pp. 1692–1696.
- Pochvennaya karta RSFSR. Masshtab 1:2500000* (Soil map of RSFSR. Scale 1:2500000), Moscow: Izd-vo GUGK SSSR, 1988, 16 p.
- Qiu C., Ciaisi P., Zhu D., A strong mitigation scenario maintains climate neutrality of northern peatlands, *One Earth*, 2021.  
DOI: 10.1016/j.oneear.2021.12.008
- Sirin A., Maslov A., Valyaeva N., Tsyganova O., Glukhova T., Mapping of peatlands in the Moscow oblast based on high-resolution remote sensing data, *Contemporary Problems of Ecology*, 2014, Vol. 7, No. 7, pp. 808–814.
- Sirin A., Minayeva T., Yurkovskaya T., Russian Federation (European Part), In: *Mires and Peatlands of Europe: Status, Distribution and Conservation*, Stuttgart, Germany: Schweizerbart Science Publishers, 2017, pp. 589–616.  
DOI: 10.1127/mireseurope/2017/0001-0049
- Sirin A.A., Bolota i antropogenno-izmenennyye torfyani-ki: uglerod, parnikovyye gazy, izmeneniya klimata (Peatbogs and anthropogenically modified peatlands: carbon, greenhouse gases and climate change), *Uspekhi sovremennoi biologii*, 2022, Vol. 142, No. 6, pp. 560–577.  
DOI: 10.31857/S0042132422060096.
- Sirin A.A., Minaeva T.Y., *Torfyanye bolota Rossii: k analizu otraslevoi informatsii* (Peatlands of Russia: supplementary information to the sectoral analysis), Moscow: GEOS, 2001, 190 p.
- SZ RF* (Code of Laws), 2006, No 23, art. 2381.
- Tanneberger F., Tegetmeyer C., Busse et al., The peatland map of Europe, *Mires and Peat*, 2017, Vol. 19, Article 22, pp. 1–17.  
DOI: 10.19189/MaP.2016.OMB.264
- Torfyanye mestorozhdeniya (po raznym oblastyam)*, (Peat deposits (in different regions)), Moscow: Mingeo RSFSR, 1970–1990.
- Vomperskii S.E., Rol' bolot v krugovorote ugleroda (Peatlands role in carbon cycle), *XI: Biogeotsenoticheskie osobennosti bolot i ikh ratsional'noe ispol'zovanie* (XI: Biogeocenotic features of peatlands and their rational use), Moscow, Readings in memory of academician V.N. Sukachev, Moscow: Nauka, 1994, pp. 5–37.
- Vomperskii S.E., Sirin A.A., Sal'nikov A.A., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A., Otsenka ploshchadi bolotnykh i zabolochennykh lesov Rossii (Assessment of the areas of forested bogs and boggy forests of Russia), *Lesovedenie*, 2011, No. 5, pp. 3–11.
- Vomperskii S.E., Sirin A.A., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A., Maikov D.A., Bolota i zabolochennyye zemli Rossii: popytka analiza prostranstvennogo raspredeleniya i raznoobraziya (Peatlands and Paludified Lands of Russia: Attempt of Analyses of Spatial Distribution and Diversity), *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2005, No. 5, pp. 39–50.
- Vomperskii S.E., Tsyganova O.P., Kovalev A.G., Glukhova T.V., Valyaeva N.A., Zabolochennost' territorii Rossii kak faktor svyazyvaniya atmosfernogo ugleroda (Bogginess of the territory of Russia — the factor of atmospheric carbon fixation), In: *Krugovorot ugleroda na territorii Rossii* (Carbon cycle on the territory of Russia), Moscow: Minnauki Rossii, 1999, pp. 124–144.
- Vomperskiy S.E., Ivanov A.I., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A., Glukhova T.V., Dubinin A.I., Glukhov A.I., Markelova L.G., Zabolochennyye organogennyye pochvy i bolota Rossii i zapas ugleroda v ikh torfakh (Paludified soils and mires of Russia and carbon pool of their peat), *Pochvovedenie*, 1994, No. 12, pp. 17–25.
- Vomperskiy S.E., Thyganova O.P., Valyaeva N.A., Glukhova T.V., Peat-covered wetlands of Russia and carbon pool of their peat, *Peatlands Use — Present. Past and Future*, 10<sup>th</sup> Intern. Peat Cong., 27 May — 2 June 1996, Proc., Bremen, Germany, pp. 381–390.
- Yu Z.C., Northern peatland carbon stocks and dynamics: A review, *Biogeosciences*, 2012, Vol. 9, pp. 4071–4085.  
DOI: 10.5194/bg-9-4071-2012