

## Болота и торфяники в РКИК ООН и запас углерода в торфяных отложениях России



Сирин Андрей Артурович  
Институт лесоведения Российской академии наук

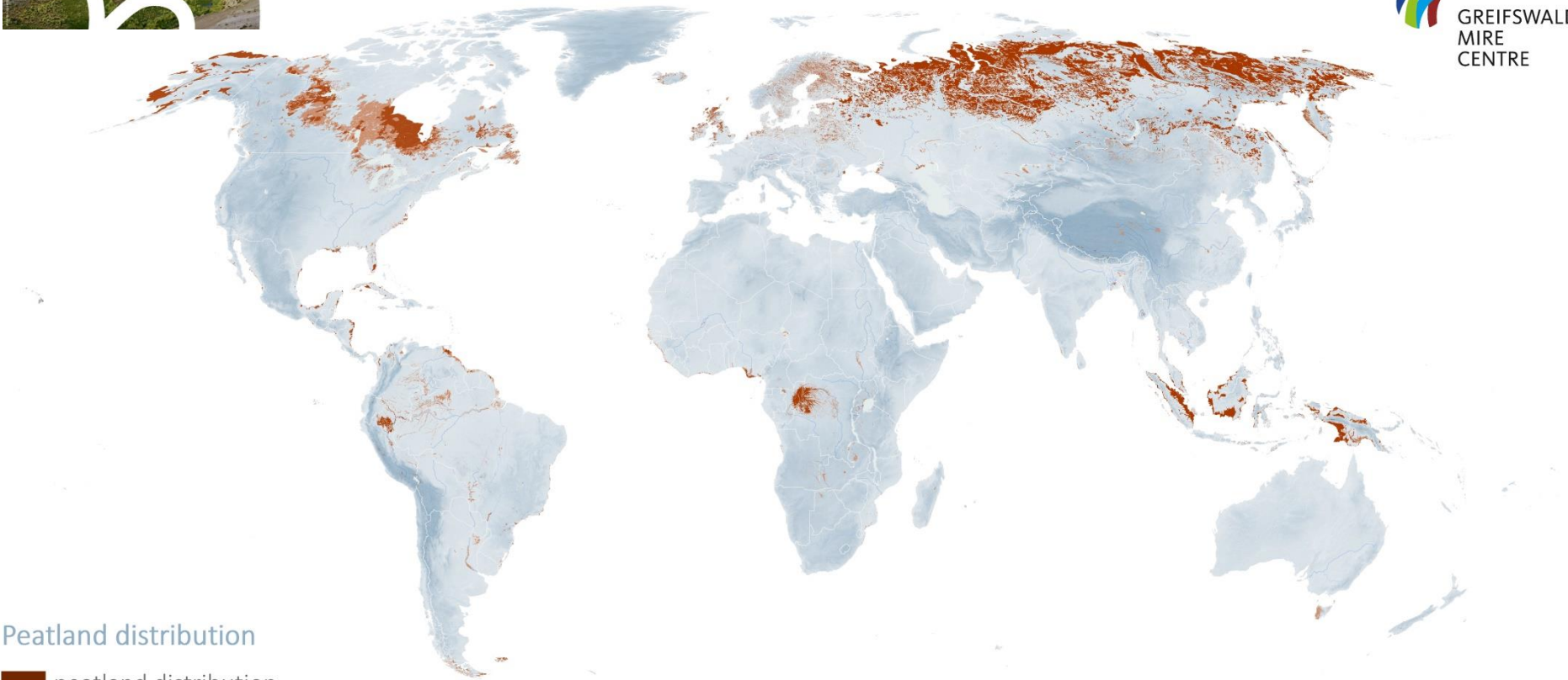


**Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands**

EVIDENCE FOR ACTION TOWARD THE CONSERVATION, RESTORATION, AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF PEATLANDS  
MAIN REPORT



UNEP (2022). Global Peatlands Assessment — The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi.



**Peatland distribution**

- peatland distribution
- peat in soil mosaic

Boundaries: United Nations Geospatial, 2021. The boundaries and names shown, and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.  
Peatland distribution: Global Peatland Database, 2022.  
Elevation: Jarvis et al. 2008. SRTM for the globe version 4.



based on a decision of the German Bundestag



## Болота

Болота — одни из наиболее распространенных экосистем на территории страны. Они обладают уникальной структурно-функциональной целостностью. Избыток влаги способствует появлению болотных растений и препятствует разложению их остатков, которые формируют торф, обеспечивающий среду обитания этих растений и, в свою очередь, поддерживающий баланс влаги в маловодные периоды. Основные растения торфообразователи — сфагновые мхи, а также различные травянистые растения (осоки, пушица, хвощи, тростник и др.), кустарнички (багульник, подбел, клюква, голубика и др.), древесные (сосна, береза, ель, ольха и др.), зеленые мхи. Благодаря особым физическим свойствам торф способен удерживать влагу, в десятки раз превышающую вес его скелетной части. Изменение водного режима и растительного покрова болот может вести к деградации торфяной залежи и болота в целом. Но в благоприятных условиях болото может начать восстанавливаться.



Западная Сибирь – крупнейший болотный регион планеты

Болото это особое «природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью» (Гидрология ... 1973). Существует взгляд на необязательность наличия у болот торфяной залежи, поэтому для исключения семантических разночтений и межотраслевого взаимодействия все чаще используется термин «торфяное болото» (Торфяные болота ... 2001). Критерием разделения болот и заболоченных мелкоторфяных земель является мощность торфа более и менее 30 см, как показатель приуроченности основной части сосущих корней растений к собственно болотной почве. Однако они трудно делимы в пространстве и часто экологически близки, особенно в условиях развития мерзлоты.

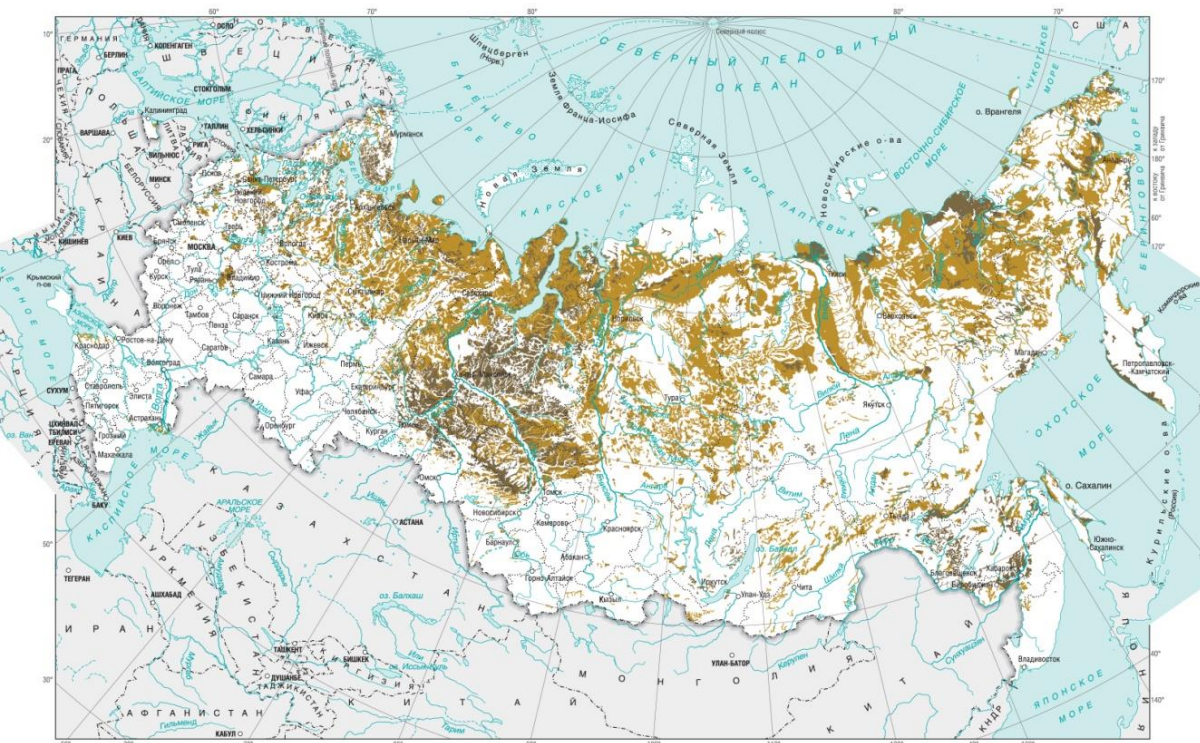
Большинство современных болот образовалось в голоцене. Торфяные отложения предшествующих геологических эпох сохранились в погребенном и метаморфизированном (уголь и др.) виде. Образование болот начиналось с зарастания заполнения осадками водоемов или при оглеении почв и заилинии понижений рельефа. По мере нарастания торфяной залежи изменялось водно-минеральное питание болот, их экологические характеристики и свойства. Поэтому современное распространение и разнообразие болот определяется природно-географическими факторами не только настоящего

### Болота и заболоченные земли

Масштаб 1 : 30 000 000

Распространение болот (> 30 см) и мелкоторфяных заболоченных земель (< 30 см)

Болота (глубина торфа более 30 см)  
Мелкоторфяные заболоченные земли (глубина менее 30 см)



**Болота (торф >30 см) занимают более 8% ( $1.39 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>), а вместе с заболоченными землями (торф <30 см) почти 22% ( $2.30 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>) Российской Федерации**  
Вомперский и др. 1994, 1996, 2005, 2011

© «ГИС «Болота России»



Сирин и др. Болота. С. 118-121.  
Болота и заболоченные земли.  
М 1:30 000 000

Типы болот. М 1:30 000 000  
Залесенность болот. М 1:30 000 000

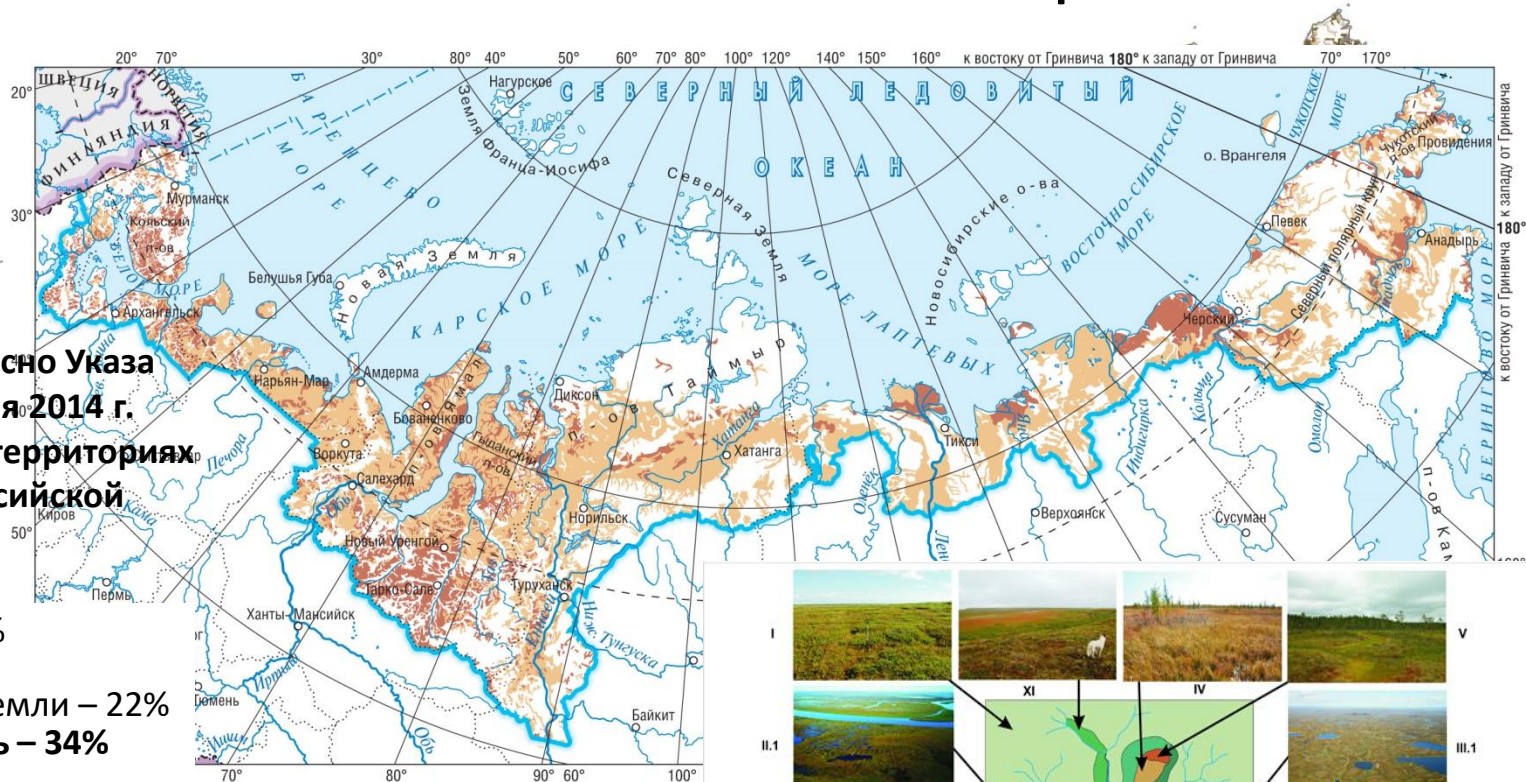
**Экологический атлас России.**  
М.: Феория. 2017. 510 с.



**Национальная премия  
"Хрустальный компас"  
2018.**






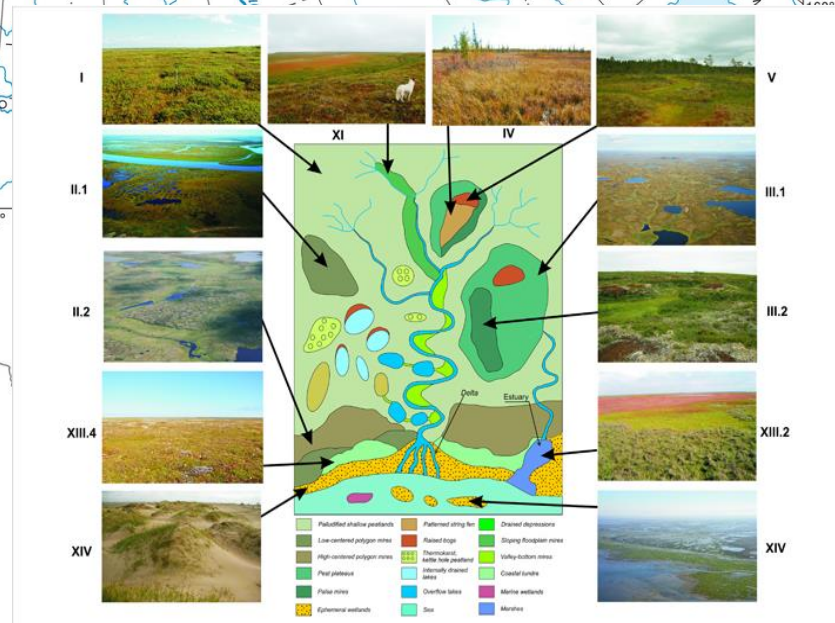
# Болота и заболоченные земли Российской Арктики



**Граница Арктики согласно Указа Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации"**

Торфяные болота – 12%  
 Заболоченные мелкоотторфованные земли – 22%  
**Общая заболоченность – 34%**

-  Граница Арктики
-  Болота
-  Заболоченные земли



Российская Арктика: Пространство. Время. Ресурсы.:  
 Атлас / М.: Феория. 2019. 796 стр.

Arctic Peatlands / T. Minayeva, A. Sirin, P. Kershaw, O. Bragg.  
 2019. In: C.M. Finlayson et al. (eds.), The Wetland Book/  
 Springer Science+Business Media B.V. 15 pp. Doi:  
 10.1007/978-94-007-6173-5\_109-2



## Облесенность болот России

*Лесные* – 17%, *редколесные* – 21%, *открытые* – 62%

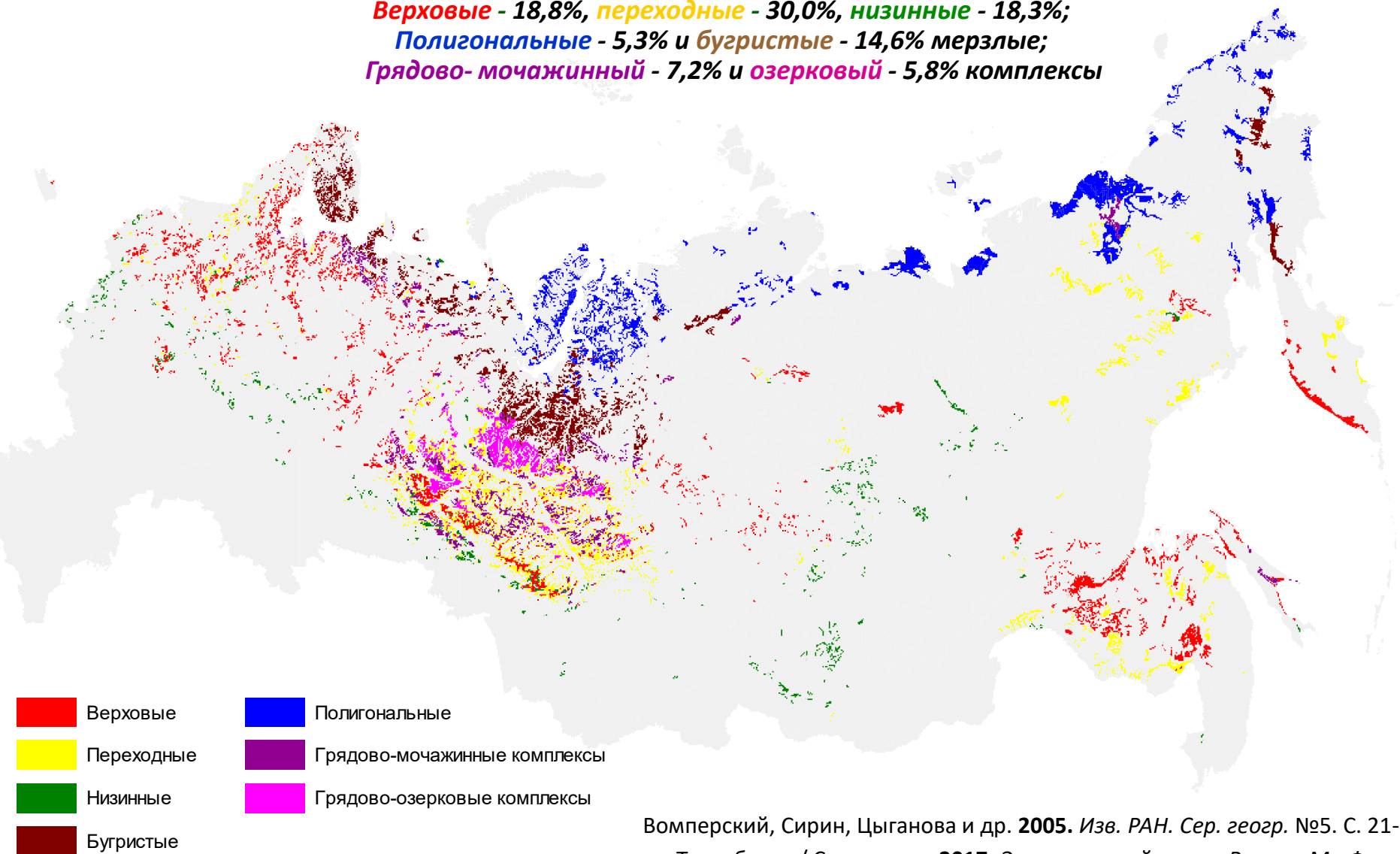


Вомперский, Сирин, Сальников и др. **2011**. *Лесоведение* 2011, №5;  
Vompersky, Sirin, Sal'nikov et al. **2011**. *Contemporary Problems of Ecology*, V.4, N 7.

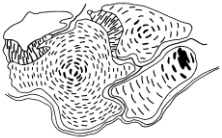
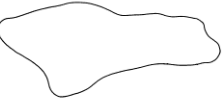
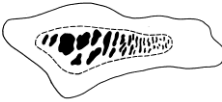
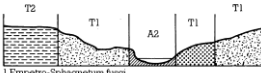
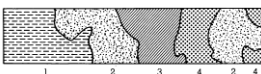




Распространение основных групп типов болот России  
**Верховые** - 18,8%, **переходные** - 30,0%, **низинные** - 18,3%;  
**Полигональные** - 5,3% и **бугристые** - 14,6% мерзлые;  
**Грядово-мочажинный** - 7,2% и **озерковый** - 5,8% комплексы



Вомперский, Сирин, Цыганова и др. **2005**. Изв. РАН. Сер. геогр. №5. С. 21-33.  
Типы болот / Сирин и др. **2017**. Экологический атлас России. М.: Феория.

Пространственный уровень	Единицы	Размерность, м <sup>2</sup>	
  	Макротоп	Болотная система	$10^5-10^9$
	Мезотоп	Болотный массив	$10^2-10^7$
	Микротоп	Элемент комплексного ландшафта болотного массива (грядово-мочажинный комплекс,)	$10^2-10^6$
 <small>1 Empetrum-Sphagnetum fasci 2 Narthecio-Sphagnetum papilloso 3 Carexetum rostratae 4 Narthecio-Sphagnetum papilloso, phase Sphagnetum tenellum</small>	Микроформы (нанотоп)	Гряда, мочажина, бугор, озерко, валик и т.д.	$10^{-1}-10^1$
	Растительная мозаика	Микроценоз, кочка и пр.	$10^{-2}-10^{-1}$



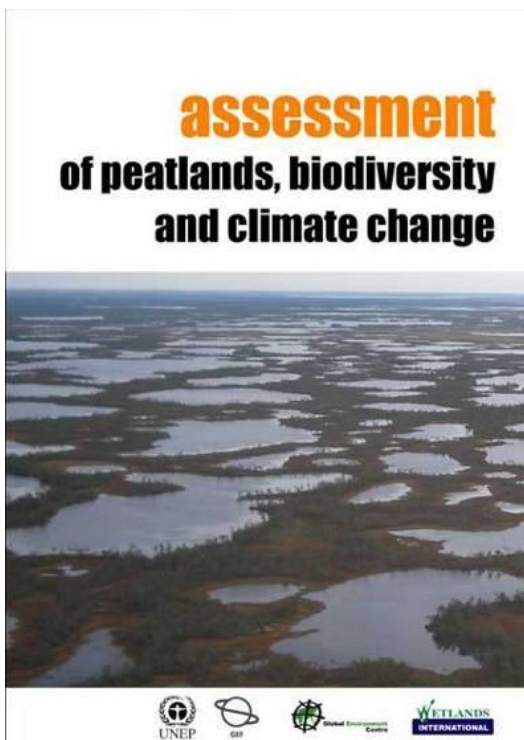
Минаева, Сирин. **2011.** Биоразнообразие болот и изменение климата. Успехи современной биологии. Т.131. № 4: 393-406. Minayeva, Sirin. **2012.** Peatland Biodiversity and Climate Change. Biology Bulletin Reviews. 2012. V. 2. No.2: 164-175.



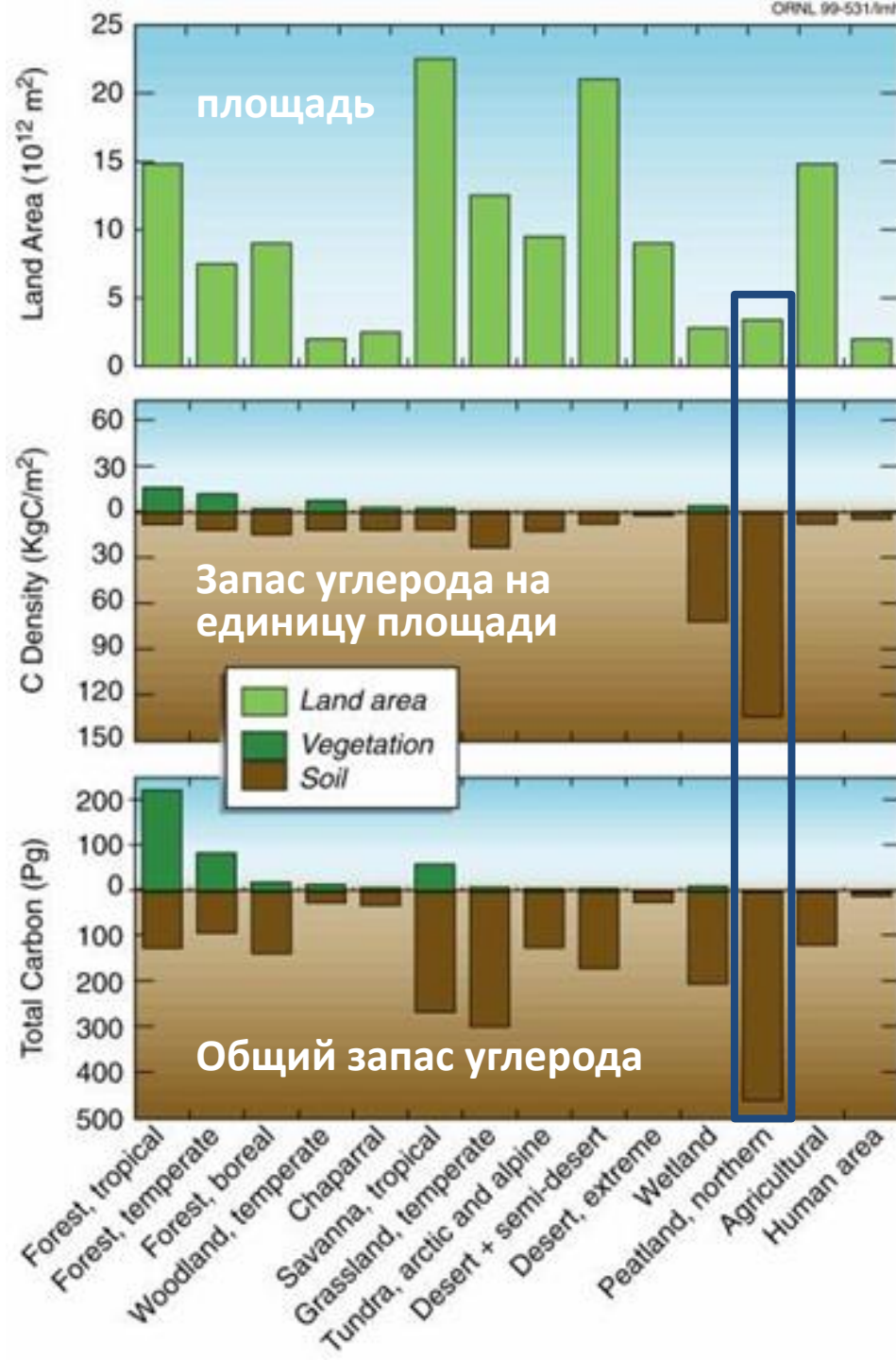


Болота, включая торф и биомассу, содержат намного больше углерода чем другие экосистемы суши.

- в бореальной зоне в **7 раз**;
- в субполярной зоне в **3.5 раз**;
- во влажных тропиках в **10 раз**.

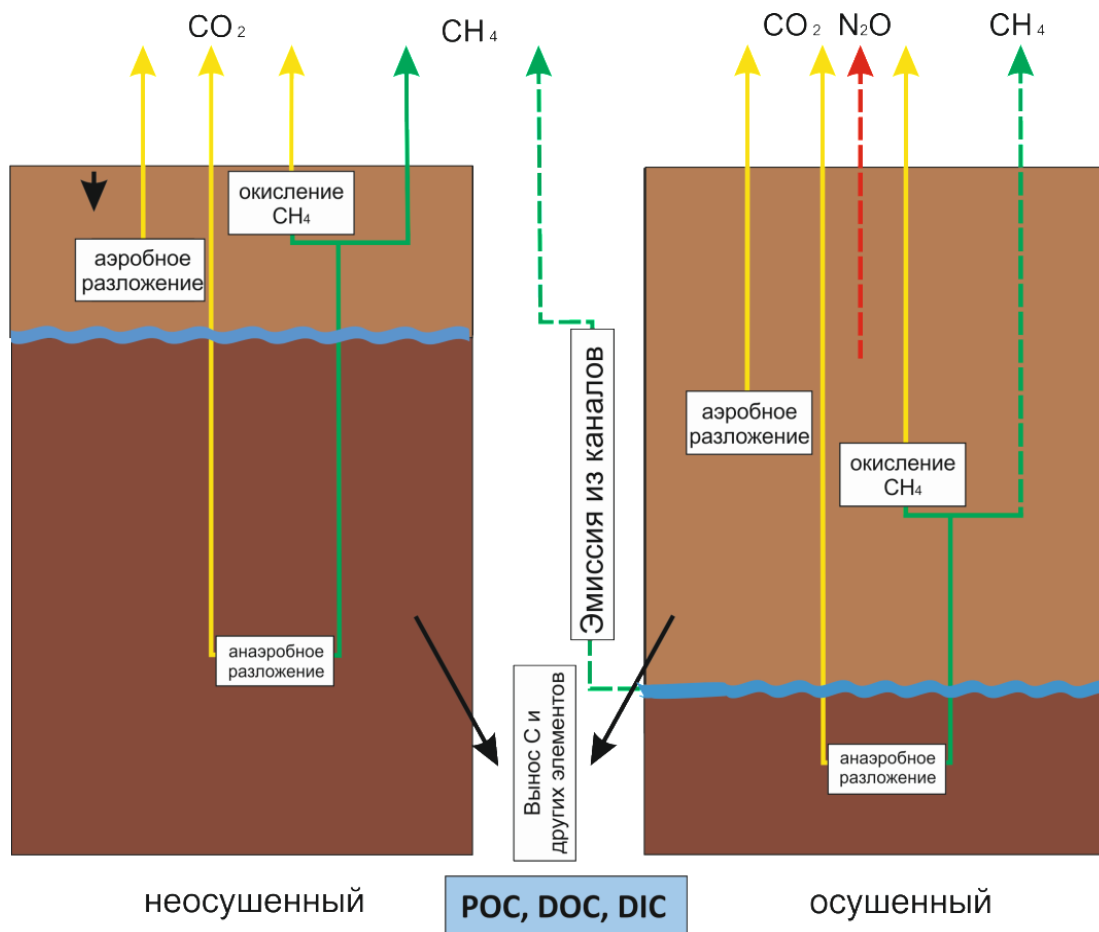


Assessment of Peatlands, Biodiversity and Climate Change, 2008  
(Adopted by CBD COP 10 (2008))





# Изменение потоков парниковых газов при осушении болот



Laine et al. **1996**. Effect of water-level drawdown on global climatic warming: northern peatlands. *Ambio* 25: 179-184.

Sirin & Laine. **2008**. Peatlands and greenhouse gases. In F. Parish (Ed.), *Assessment on Peatlands, biodiversity and climate change*. 118-381.

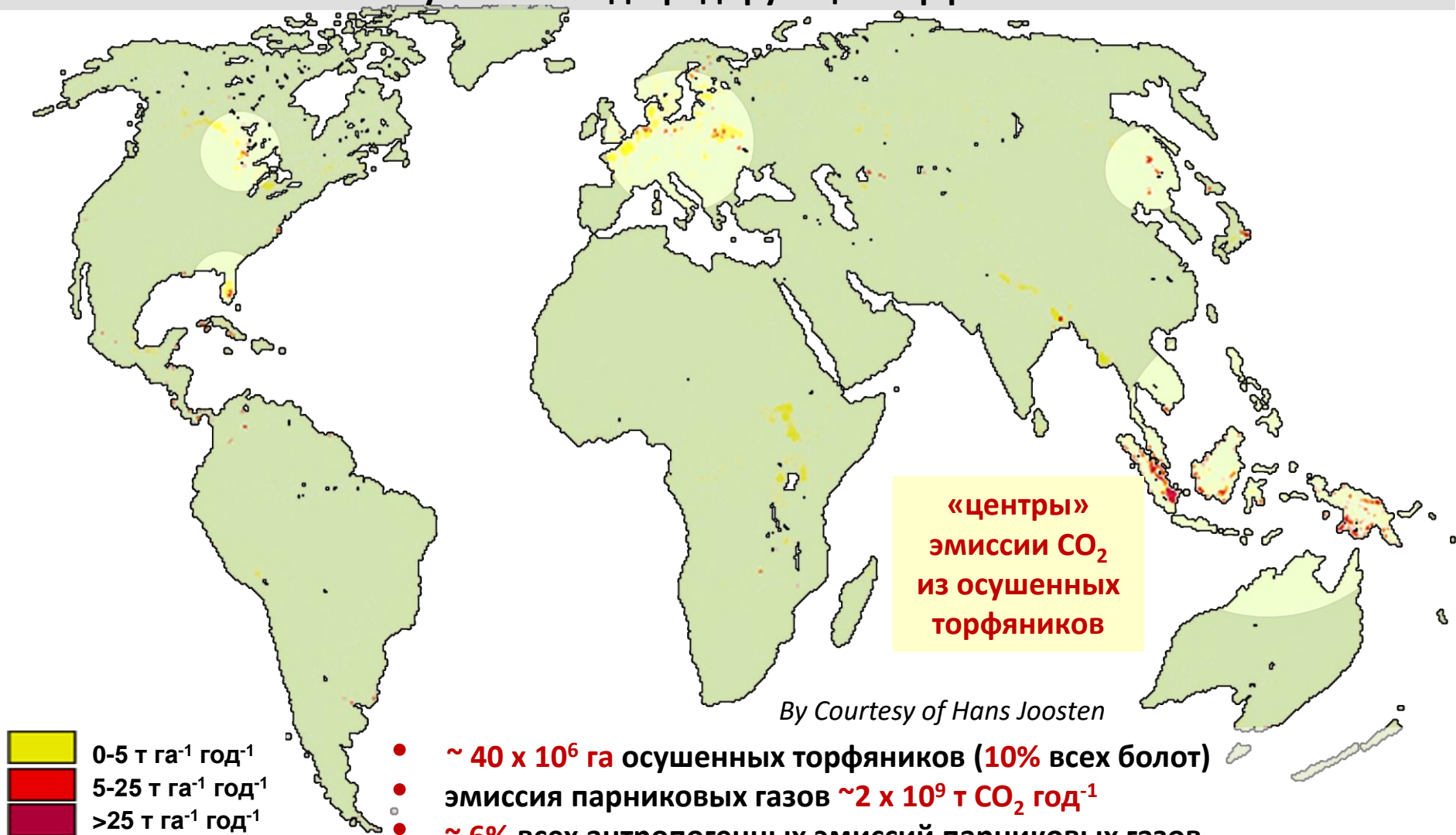
Joosten H., Sirin A., Couwenberg J., Laine J., Smith P. **2016**. The role of peatlands in climate regulation / Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice. Cambridge: CUP, 66-79.

## Потенциал глобального потепления

100 лет  $\text{CO}_2$  – **1**,  $\text{CH}_4$  – **25**,  $\text{N}_2\text{O}$  – **289**

20 лет  $\text{CO}_2$  – **1**,  $\text{CH}_4$  – **72**,  $\text{N}_2\text{O}$  – **298**

## Осушенные и деградирующие торфяники



- **~ 40 x 10<sup>6</sup> га осушенных торфяников (10% всех болот)**
- **эмиссия парниковых газов ~2 x 10<sup>9</sup> т CO<sub>2</sub> год<sup>-1</sup>**
- **~ 6% всех антропогенных эмиссий парниковых газов**
- **~ 25% антропогенных эмиссий от землепользования и лесного хозяйства (AFOLU – Agriculture, Forestry and Other Land Use)**

Joosten H., Sirin A., Couwenberg J., Laine J., Smith P. 2016. The role of peatlands in climate regulation.

In: Bonn et al. (eds.). Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice.

Cambridge: CUP, 66-79. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177788.005>

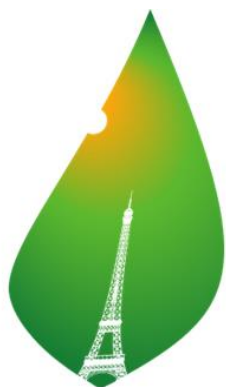
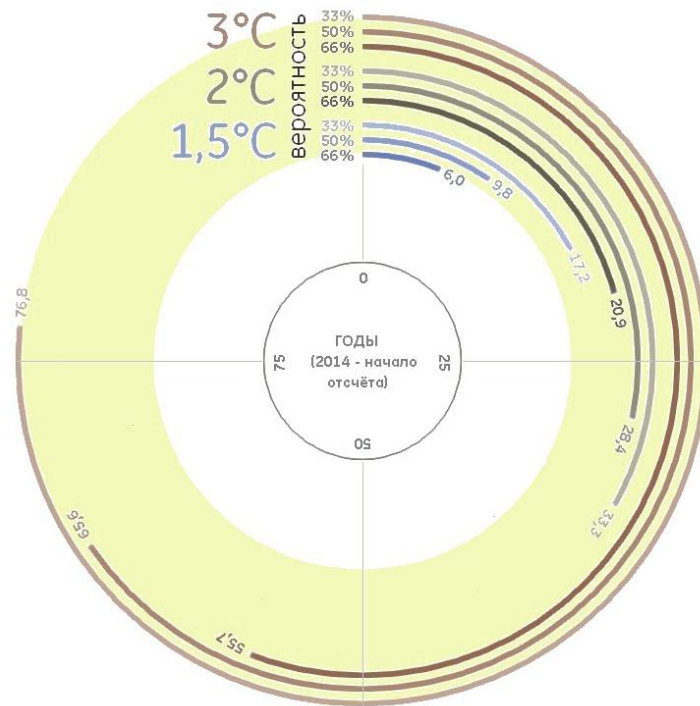


**В результате осушения, использования и пожаров торфяные болота планеты  
могли стать на рубеже 1960 годов**

**из нетто-поглотителя в нетто-источник парниковых газов.**

**Эмиссия из осушенных торфяников в 2020–2100 гг.  
может составить 12-41% объема  
сокращения выбросов парниковых газов,  
необходимого для удержания глобального  
потепления ниже +1.5 – +2°C**

Leifeld et al. *Nature Climate Change* 2019. 9:945-.



PARIS2015

**Осушенные торфяники составляют важнейшую, но недооцененную проблему в отношении выполнения Парижского соглашения по климату, и ключевое – в части сокращения эмиссий парниковых газов, связанных с землепользованием.**

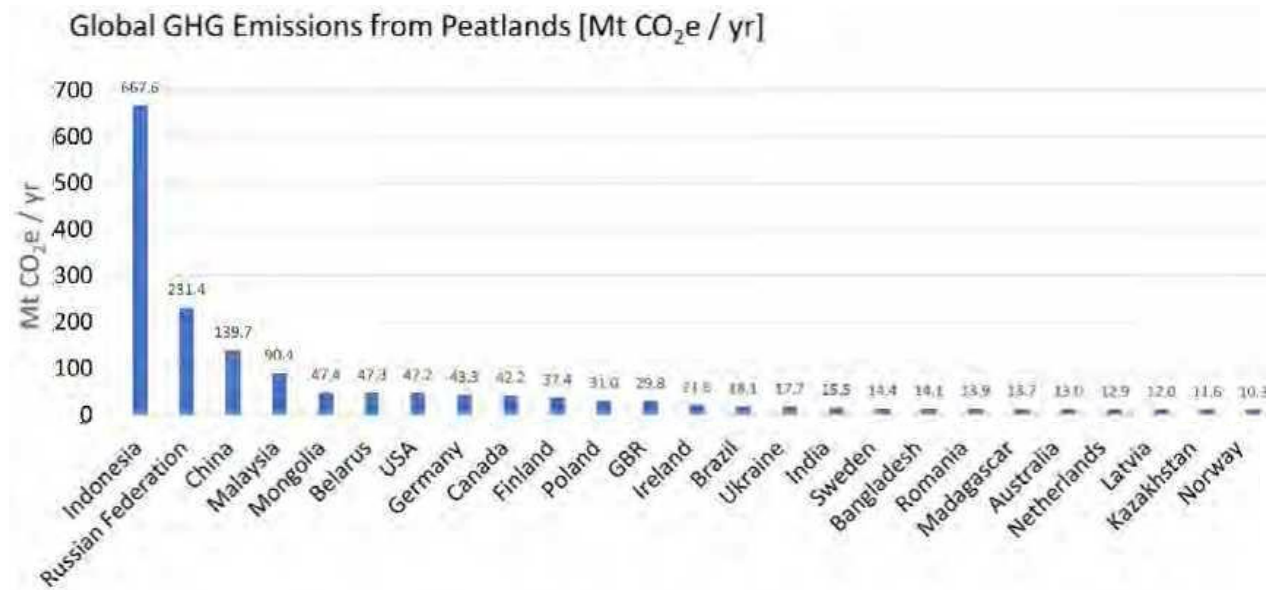
## Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands

EVIDENCE FOR ACTION TOWARD THE CONSERVATION, RESTORATION,  
AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF PEATLANDS

MAIN REPORT



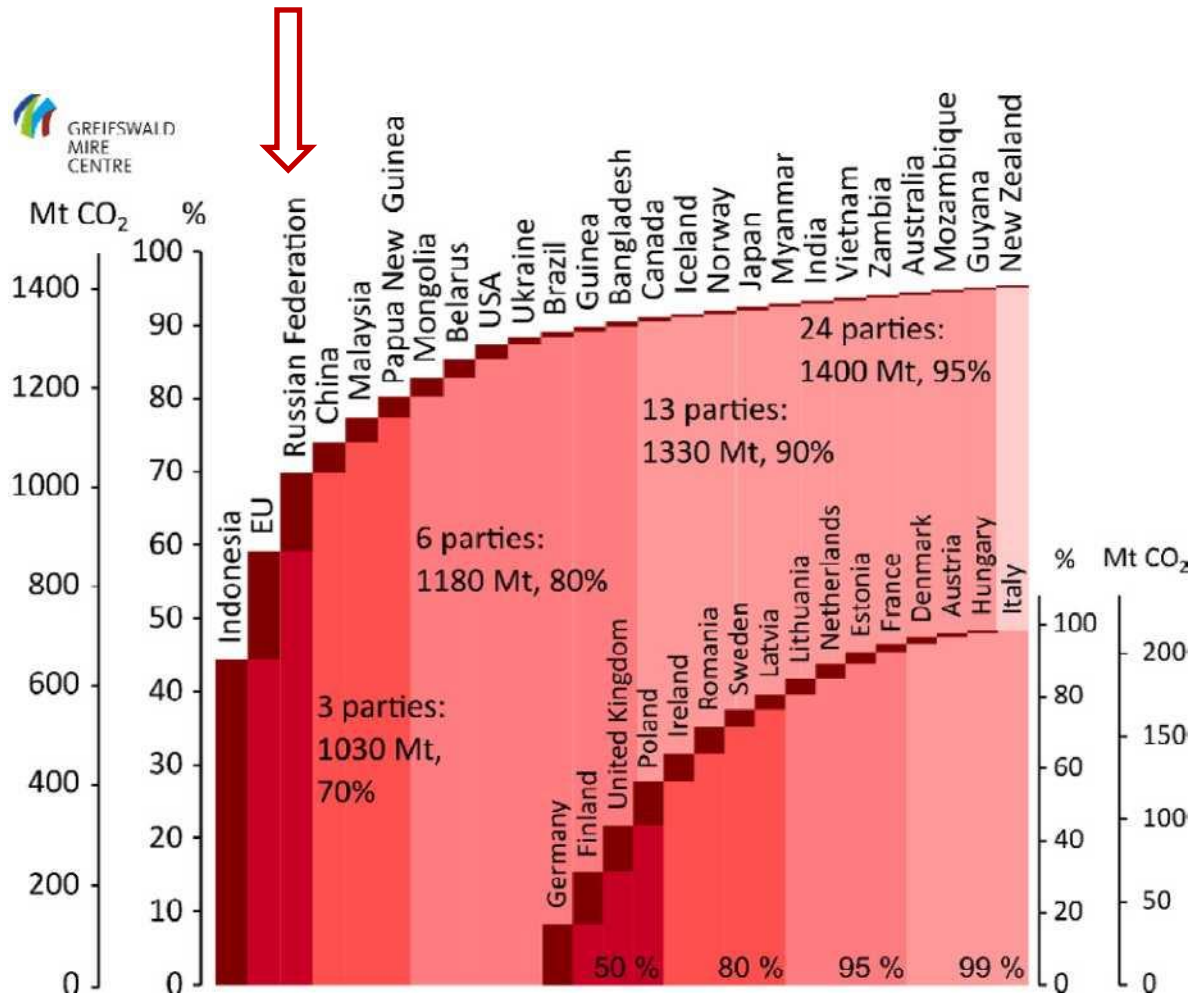
UNEP (2022). Global Peatlands Assessment — The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi.



Оценка выбросов парниковых газов из осушенных торфяников 25 стран-лидеров.

Расчеты основаны на площади осушенных торфяников для лесного хозяйства, сельского хозяйства и добычи торфа и коэффициентах эмиссии МГЭИК (2014), включая CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, DOC и эмиссия из канав. Выбросы от природных пожаров не учтены.





**Эмиссия парниковых газов из осушенных торфяников (без торфяных пожаров)**

**Источник: Greifswald Mire Centre & Wetlands International, 2020.**

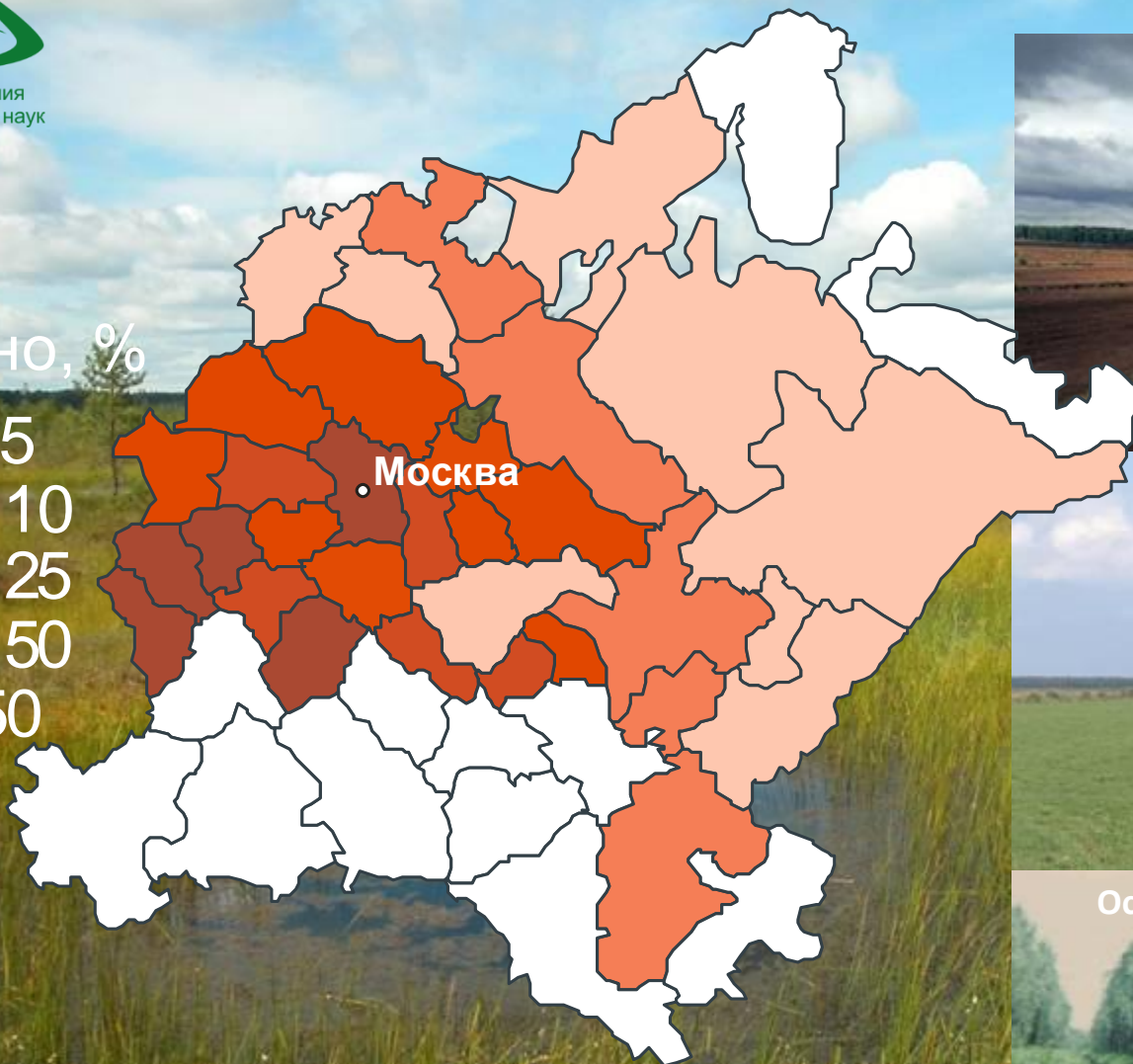
# Антропогенная нарушенность экосистем торфяных болот Европейской части России



Институт лесоведения  
Российской академии наук

© ГИС «Болота России» ИЛАН РАН

нарушено, %



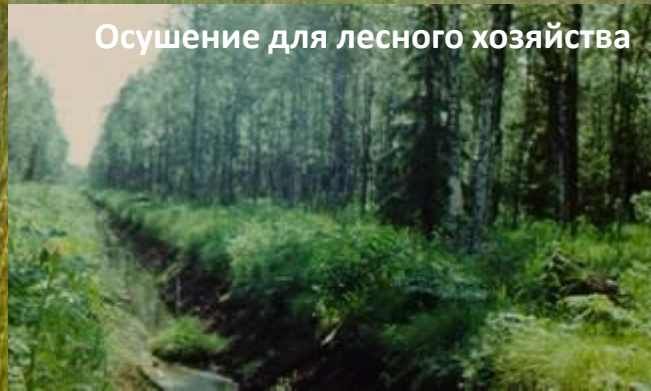
Добыча торфа



Осушение для  
сельского хозяйства



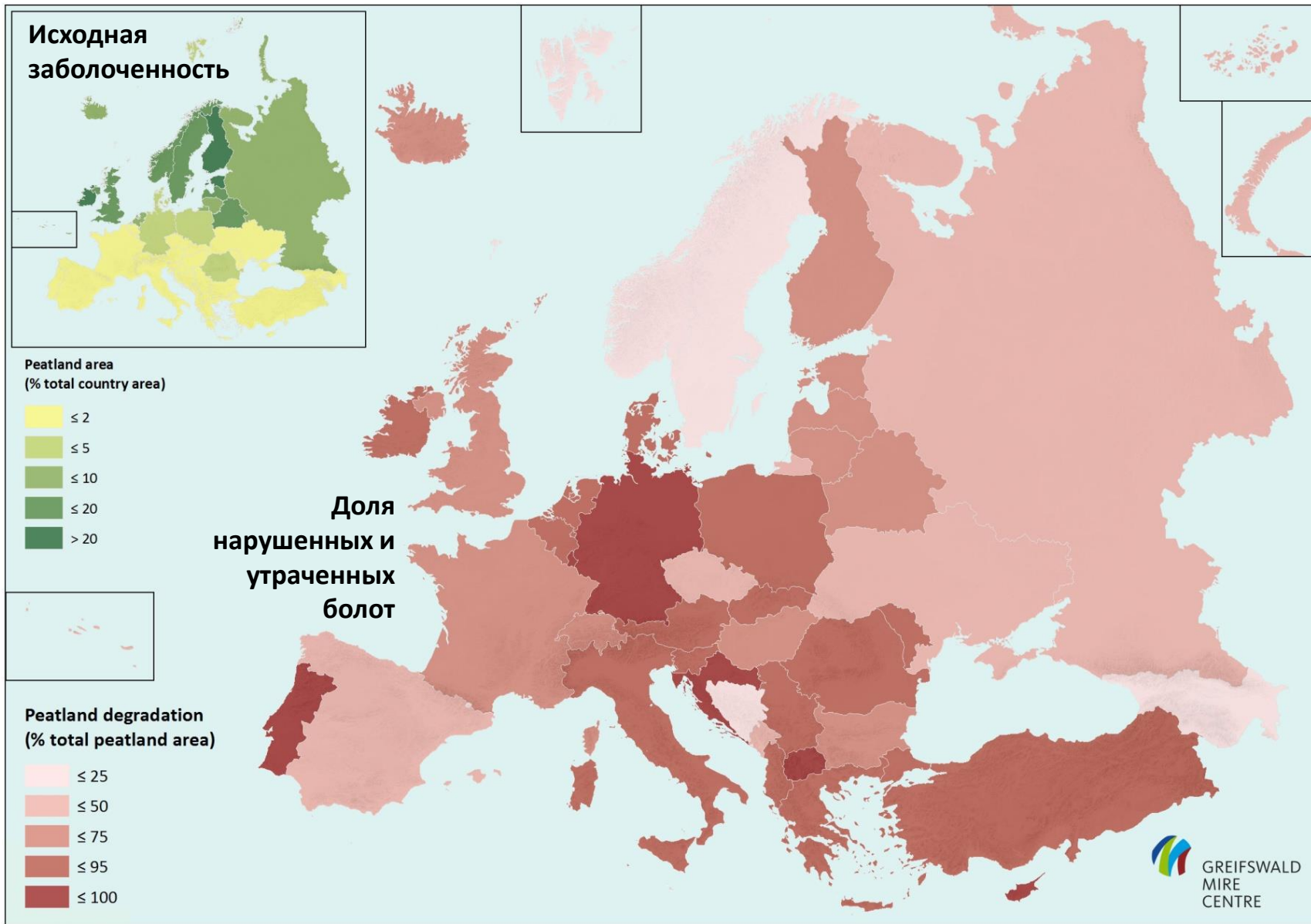
Осушение для лесного хозяйства



A Quick Scan of Peatlands in Central and Eastern Europe.  
Minayeva, T., Sirin, A., Bragg, O. (eds.). 2000, 132 pp.  
<http://www.wetlands.org>







Tanneberger, F.; Moen, A.; Barthelmes, A.; Lewis, E.; Miles, L.; Sirin, A.; Tegetmeyer, C.; Joosten, H. Mires in Europe—Regional Diversity, Condition and Protection. *Diversity* **2021**, *13*, 381, <https://doi.org/10.3390/d13080381>.

РАМОЧНАЯ КОНВЕНЦИЯ ООН ОБ  
ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА (РКИК)  
*Framework Convention on Climate  
Change, UN FCCC*



- ✓ Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН) признает, что неблагоприятные последствия изменения климата оказывают значительное негативное влияние на состав, восстановительную способность или продуктивность естественных и регулируемых экосистем (Статья 1 РКИК ООН, 1992),
- ✓ Конечная цель Конвенции состоит в том, чтобы добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему и был достигнут в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем к изменению климата, позволяющие не ставить под угрозу производство продовольствия и устойчивое развитие (Ст. 2 РКИК ООН, 1992),
- ✓ В обязательства стран-участниц Конвенции включено содействие и сотрудничество в устойчивом использовании, охране и повышении качества поглотителей и накопителей всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, включая биомассу, леса, океаны и другие наземные, прибрежные и морские экосистемы (п. (d) Ст. 4 РКИК ООН).



- ✓ Для всех стран Приложения I к РКИК ООН, включая Российскую Федерацию, обязывающий характер носит представление ежегодно национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, (пп. 1 и 2 Статьи 12 РКИК ООН). Понятие «антропогенный» в равной степени относится как к источникам, так и к поглотителям парниковых газов
- ✓ «Природные экосистемы» (natural ecosystems) т.е. «ненарушенные» (undisturbed), учитываются исключительно с точки зрения предпринятых мер по их охране, защите, восстановлению, рациональному и устойчивому использованию. Как способ выполнения обязательств по сокращению выбросов они не учитываются.
- ✓ Целью РКИК ООН является сокращение антропогенных выбросов парниковых газов (т.н. human-induced emissions), поэтому в качестве инструмента сокращения выбросов признается и поглощение парниковых газов, которое достигается благодаря целенаправленной антропогенной деятельности.
- ✓ Считается, что естественные процессы находятся в равновесии, то есть сбалансированы в части выбросов и поглощения парниковых газов. Поэтому происходящие в природных экосистемах процессы превращений парниковых газов, не учитываются до тех пор, пока в них не начинаются изменения, вызванные деятельностью человека.



В Руководящих указаниях по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) (IPCC 2003) были предложены 6 категорий земель:

- (1) лесные земли (forest lands);
- (2) земли, предназначенные для выращивания сельскохозяйственных культур (croplands);
- (3) земли с постоянным травянистым покровом – луга и пастбища (grasslands);
- (4) водно-болотные угодья (wetlands);
- (5) земли поселений (settlements);
- (6) другие земли (other lands).

Помимо  $\text{CO}_2$  необходим учет других парниковых газов парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, и обладающих значительно более сильным, чем  $\text{CO}_2$  потенциалом глобального потепления (ПГП):

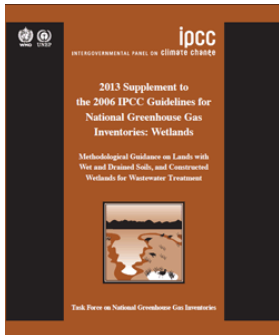
- метана  $\text{CH}_4$ ,
- закиси азота  $\text{N}_2\text{O}$ ,
- выноса растворенного углерода (dissolved organic carbon – DOC) – источника образования углеродсодержащих парниковых газов.



## **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use**

Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006

Том 4 Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования



## **2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands**

Дополнение 2013 г. к Руководящим принципам национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 года: Водно-болотные угодья



## **2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**

### **Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use**

Уточнения 2019 г. к Руководящим принципам МГЭИК 2006 г. По национальным кадастрам парниковых газов

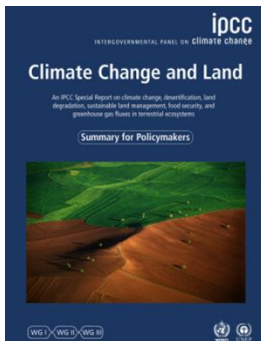
Том 4 Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования



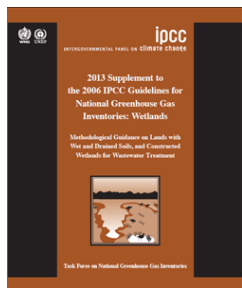


## 2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

Руководящие указания по эффективной практике и учета факторов неопределенности МГЭИК, 2000



**Специальный доклад МГЭИК «Изменение климата и земля» 2019**  
полное название «Изменение климата, опустынивание, деградация земель, устойчивое использование, продуктовая безопасность и потоки парниковых газов в наземных экосистемах»



## 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands

Дополнение 2013 г. к Руководящим принципам национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 года: Водно-болотные угодья

### Осушенные

Категория земель	Трофность	Климат	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> канал	N <sub>2</sub> O
Лесные земли вкл. редколесья	бедные	бореальный				
Лесные земли	бедные	бореальный				
	богатые	бореальный				
Пахотные		умеренный				
		бореальный/ умеренный				
Сенокосы		бореальный				
	бедные	умеренный				
	интенсивно осушенные, богатые	умеренный				
	слабо сушенные, богатые	умеренный				
Торфоразработки		бореальный/ умеренный				

### Обводненные

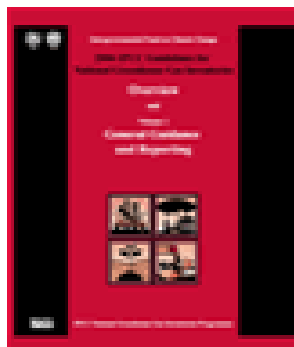
Климат	Трофность	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	DOC
Бореальный	бедные				
	богатые				
Умеренный	бедные				
	богатые				

### Торфяные пожары

неосушенные	бореальный/ умеренный	потери ОВ (углерода)
осушенные		

- ✓ Органогенные почвы (organic soils) учитываются во всех категориях землепользования: земли, занятые сельскохозяйственными культурами (croplands); луга и пастбища (grasslands); лесные земли (forest lands); водно-болотные угодья (wetlands); земли поселений (settlements); кроме других земель (other lands).
- ✓ Руководству МГЭИК (IPCC 2006) раздел «Водно-болотные угодья» (Wetlands) включал только две категории земель:
  - «торфяники, используемые для добычи торфа» (включая подготовленные, используемые и заброшенные),
  - «затопленные земли» (flooded lands), учет скорректирован Уточнением 2019 года;
- ✓ Дополнение по водно-болотным угодьям 2013 года (IPCC 2014) расширило список учитываемых водно-болотных угодий, добавив к торфоразработкам, земли, осушенные для лесного и сельского хозяйства, были включены в учет осушенные торфяники, которые были вторично обводнены для восстановления водно-болотных угодий (rewetted peatlands).





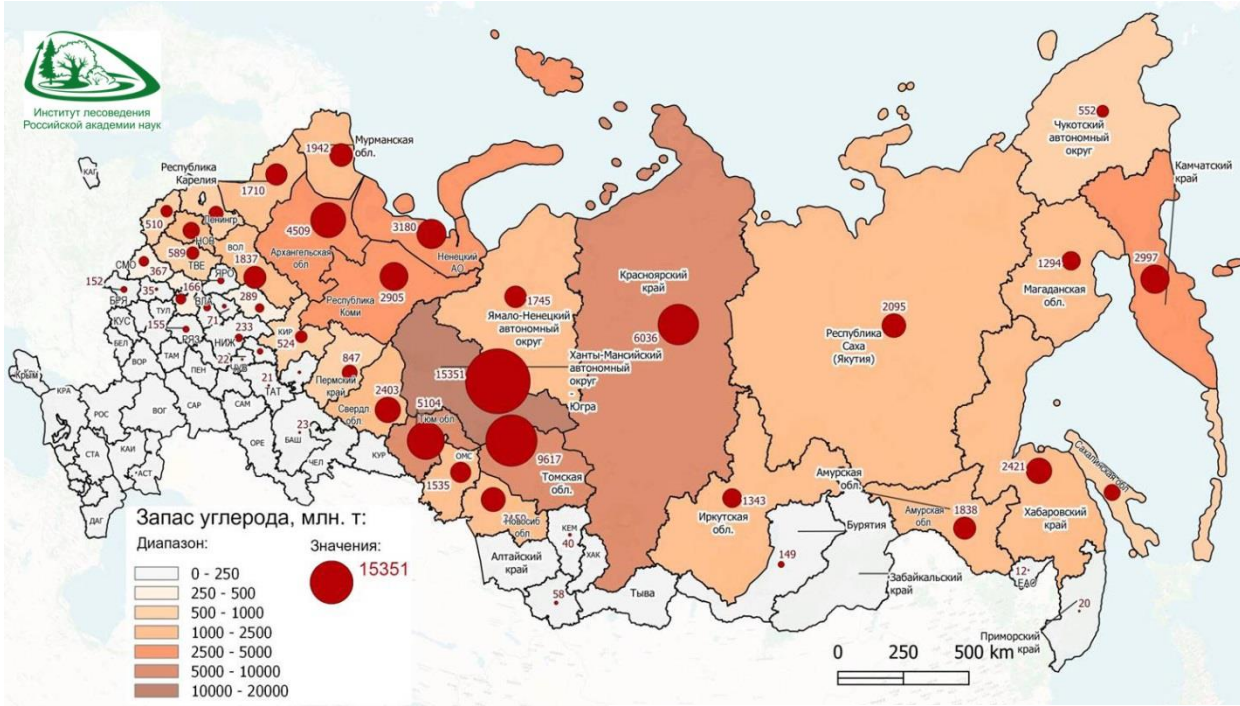
## 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006

Уровни сложности / Tiers	Площадь / Area	Коэффициенты эмиссии / Emission Factors
1	Статистика*	МГЭИК / IPCC default factors
2	Статистика**	скорректированные / национальные
3	Оригинальные методики	национальные / региональные

\* – не детализированная (ООН, ФАО и пр.); – национальная;

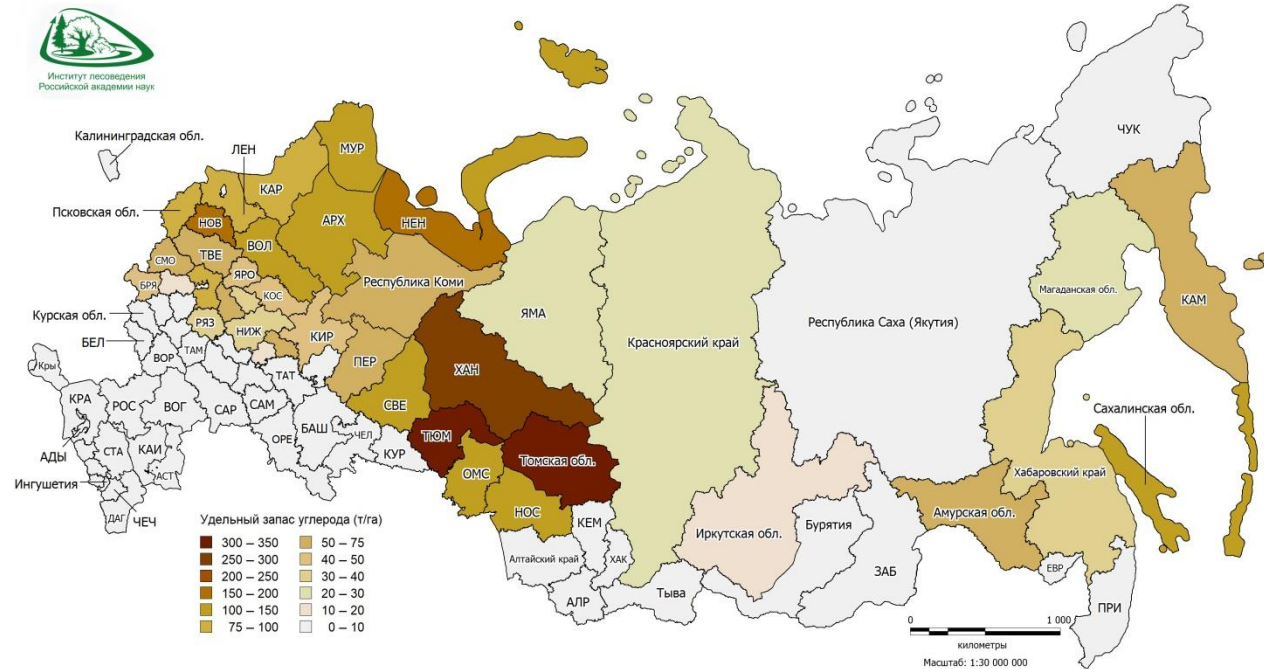
Апробация и верификация проводится посредством раскрытия информации о расчетных алгоритмах и используемых данных путем представления на научных конференциях и симпозиумах и публикации в рецензируемых научных периодических изданиях (IPCC, 2006, т. 4, гл. 1, стр. 1.12).



Запас углерода торфов (болота и мелкоотторфованные земли) по субъектам Российской Федерации, млн. тС.

Удельный запас углерода торфов (болота и мелкоотторфованные земли) на единицу площади субъектов Российской Федерации, тС/га.

Административное деление РФ дано на 01.01.2022 г.



## Запас углерода в торфах болот и заболоченных земель России

Болота – 85,7 млрд. т С;

Заболоченные мелкоотторфованные (торф <30 см) – 23 млрд. т С;

Всего – составил 108,7 млрд. т. С.

Болота:

верховые болота – 39%;

переходные болота – 20,5%;

низинные болота – 7%;

мерзлые болота (полигональные и бугристые) – более 12%.

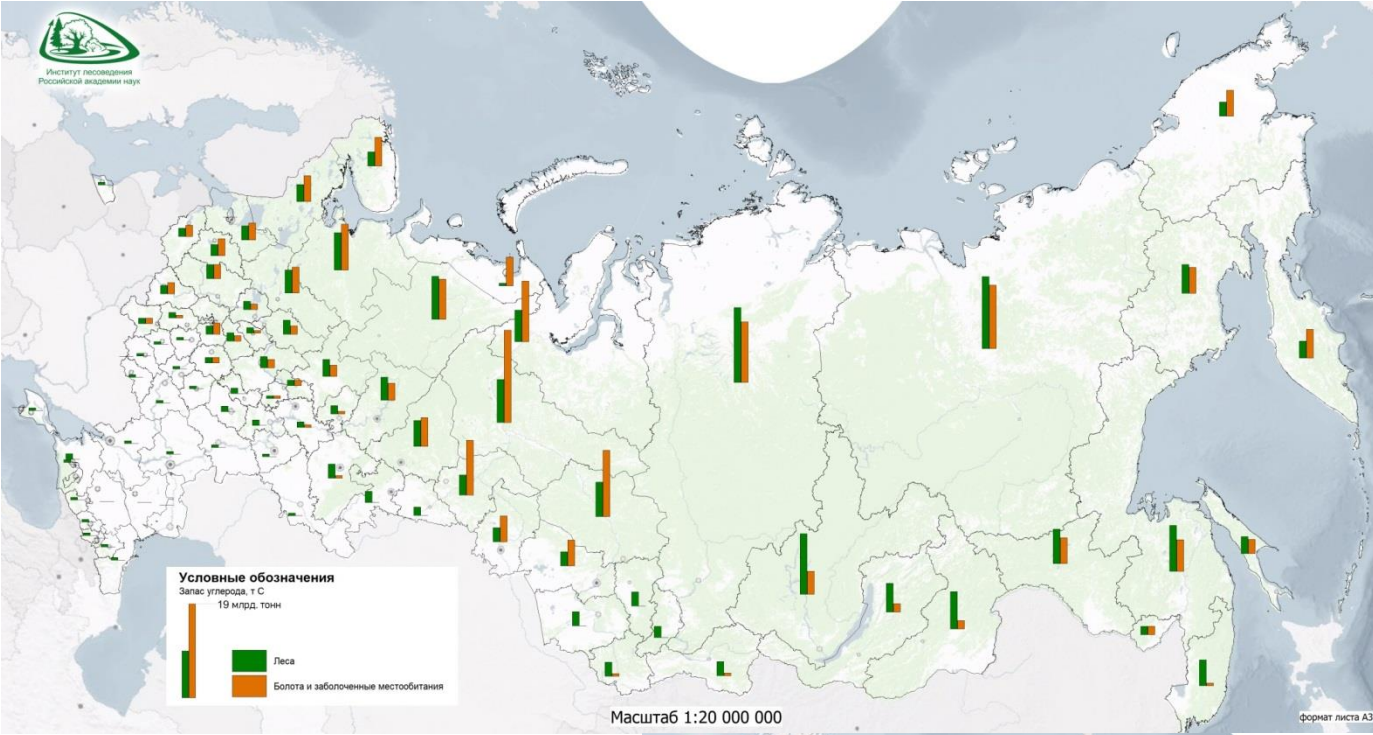
Заболоченные земли:

таежные леса и редколесья – 12%,

тундра и лесотундра – 8,6%,

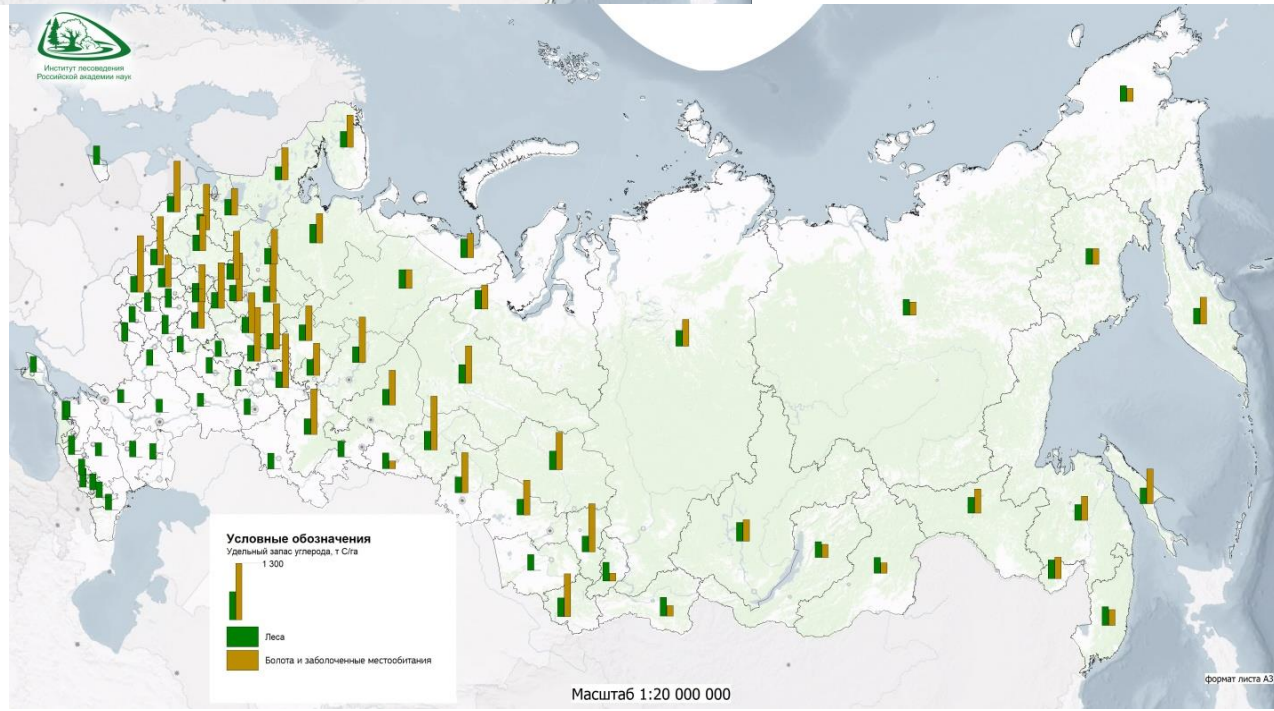
заболоченные поймы – 0,5%.





Запас углерода болот и мелкоотторфованных земель (торф) и в лесах (ГИЛ) по субъектам Российской Федерации, млрд. тС

Удельный запас углерода в торфах и в лесах (ГИЛ Рослесхоза) по субъектам Российской Федерации, тС/га.



Административное деление РФ дано на 01.01.2022 г.



Сирин А.А. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата. *Успехи современной биологии*. 2022, Т.142(6): 560-577, doi:10.31857/S0042132422060096;

Sirin A.A. Mires and Peatlands: Carbon, Greenhouse Gases, and Climate Change. *Biology Bulletin Reviews*. Vol.12. Suppl. 2: S123-S139, doi:10.1134/S2079086422080096

Докладчик

признателен сотрудникам Лаборатории лесного болотоведения и Центра  
сохранения и восстановления болотных экосистем

Института лесоведения Российской академии наук за участие и помощь в работе

Спасибо за внимание