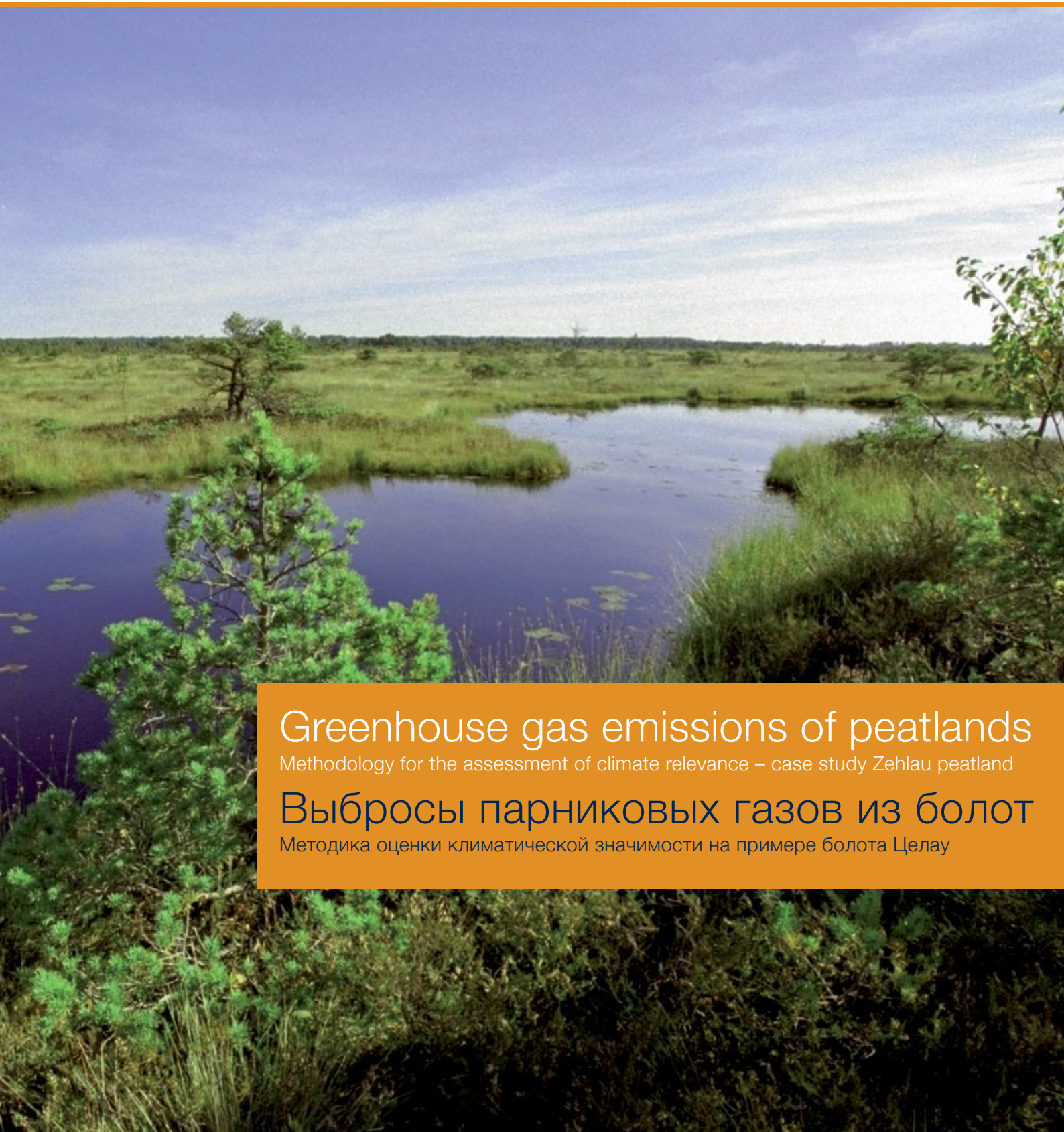




MICHAEL SUCCOW FOUNDATION
FOR PROTECTION OF NATURE



Greenhouse gas emissions of peatlands

Methodology for the assessment of climate relevance – case study Zehlau peatland

Выбросы парниковых газов из болот

Методика оценки климатической значимости на примере болота Целау

Michael Succow Foundation for Protection of Nature Фонд Михаэля Зукко для защиты природы

Ellernholzstr. 1/3
D-17489 Greifswald
Germany
info@succow-stiftung.de
www.succow-stiftung.de

Text: Stefan Schwill, Andreas Haberl, Andrea Strauss
Photos: Stefan Schwill
Translation into Russian: Ludmila Mullova
Translation into English: Andreas Haberl

Project Partners:
NGO Kaliningrad's natural heritage
Kaliningrad University Immanuel Kant
Ecological-Historical Museum Lake Wystitskiy

Publication in the frame of the project '100 years Zehlau – Climate relevance of a bog in Kaliningrad region, Russia'

This project was financed by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, the Federal Environmental Agency and the Federal Agency for Nature Conservation with means of the Advisory-Assistance-Programme for Environmental Protection in the Countries of Central and Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia.

The responsibility for the contents of this publication lies with the authors.

Текст: Штефан Швиль, Андреас Хаберль, Андреа Штраус
Фотографии: Штефан Швиль
Перевод на русский язык: Людмила Муллова
Перевод на английский язык: Андреас Хаберль

Партнеры по Проекту:
Виштынецкий эколого-исторический музей
Российский государственный университет имени
Иммануила Канта
НКО «Калининградское природное наследие»

Публикация в рамках проекта «100-летие Целау – климатическая значимость верхового болота в Калининградской области, Россия»

Данный проект осуществлялся с поддержки Федерального министерства охраны окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов, Федерального ведомства по охране окружающей среды и Федерального ведомства по охране природы на средства Программы консультативной помощи в области охраны окружающей среды государствам Центральной и Восточной Европы, Закавказья и Средней Азии. Ответственность за содержание данной публикации несет ее авторы.

Greenhouse gas emissions of peatlands

Methodology for the assessment of climate relevance –
case study Zehlau peatland

Выбросы парниковых газов из болот

Методика оценки климатической значимости на
примере болота Целау

Contents

Introduction	4
Impact of peatlands on climate change	5
Methodology for the assessment of climate relevance	6
Case study Zehlau peatland	13
Summary	18
References	19

Оглавление

Введение	4
Влияние болот на изменения климата	5
Методика оценки климатической значимости	6
Пример болота Целау	13
Выводы	18
Литература	19

Introduction

Peatlands are globally important habitats for endangered animal and plant species. Additionally, they show manifold regulative functions and are excellent archives for the genesis of landscapes including human settlement history. In this way peatlands are an eminent element for the biodiversity on our planet which should be vigorously preserved.

Next to the conservation of biodiversity, the mitigation of climate change is the second big challenge of our modern times. Climate change is mainly driven by CO₂ emissions of the industrial sector, traffic and private households, but also of large forest and peat fires. Consequently, rise of sea levels, shifts in the boundaries of climate regions, desertification and the like do impend. The conservation of ecosystems that act as sinks for CO₂ is one effective possibility to reduce greenhouse gas emissions and mitigate climate change.

Recently peatlands, in the context of climate change, are increasingly moving into the focus of science and public. A question of special interest is, which role pristine and degraded peatlands play in contributing to the emissions of greenhouse gases (GHGs) – and how potential negative impacts can be minimized by suitable management.

Numerous scientific projects have addressed these issues so far. Fluxes of GHGs have been intensively investigated in various peatland types. Up to now reliable indicators (proxies) and a suitable methodology that could substitute, at least partly, complex and expensive monitoring procedures are lacking.

Recently such an approach has been developed at the Institute for Botany and Landscape Ecology of Greifswald University and has been applied by the Michael Succow Foundation in a pilot study in the Zehlau peatland, a bog of 2 600 ha in the Kaliningrad Oblast, Russian Federation. Jointly with Belarus, Ukraine, Poland and Germany, the Russian Federation constitutes a global hot spot of greenhouse gas emissions from degraded peatlands (Hooijer et al. 2006). Thus, the results of the study may be of interest within the whole region. Its main results and conclusions, also concerning further need for research, will be presented in this brochure.

Введение

Болота по всей планете являются важным пристанищем для видов, находящихся под угрозой исчезновения. Они также выполняют разнообразные природные функции и являются замечательным архивом развития данного ландшафта, включая историю его человеческого заселения. Поэтому болота являются центральным фактором биологического разнообразия на нашей планете, который нужно активно сохранять.

Помимо сохранения биологического разнообразия второй сложной задачей современности является ограничение изменений климата. Они в значительной мере происходят из-за выбросов CO₂ промышленным, транспортным и бытовым сектором, а также в результате пожаров в лесах и на болотах. В результате возникает угроза повышения уровня воды в океане, смещения климатических зон, опустынивания и многого другого. Противостоять этому антропогенному изменению климата поможет постоянное уменьшение выбросов парниковых газов и защита и сохранение экосистем, функционирующих в качестве уловителей CO₂.

В этом контексте болота все больше попадают в поле зрения науки и общественности. При этом важное значение приобретает вопрос, какую роль играют нетронутые и нарушенные болота в выбросах парниковых газов, и какие меры надо предпринять, чтобы минимизировать возможные отрицательные последствия.

Этой теме были посвящены различные исследования. Интенсивно исследуются выделения газа различными болотами. Но до сих пор не хватало методики, обеспечивающей возможность проекции полученных результатов на более обширные территории и позволяющей в то же самое время хотя бы отчасти заменить дорогостоящие и емкие процессы изменений посредством выявления надежных индикаторов.

На факультете ботаники и ландшафтной экологии Грайфсвальдского университета была недавно разработана такая методика, которая затем была испробована в рамках проекта фонда Михаэля Зукко на примере верхового болота Целау в Калининградской области площадью в 2 600 га. Вместе с Беларусью, Украиной, Польшей и Германией Российская Федерация представляет собой горячую точку глобальных выбросов парниковых газов из деградированных торфяников (Hooijer et al. 2006). Поэтому результаты исследования могут вызвать интерес во всем этом регионе. Важнейшие результаты и заключения представлены в данной брошюре. В ней также обозначены потребности в дополнительных исследованиях.

Impact of peatlands on climate change

On the global level, peatlands constitute an immense carbon store. Though only covering 3% of the land surface, they hold 30% of the total terrestrial carbon (Joosten & Clarke 2002).

Within thousands of years the vegetation of peatlands has assimilated CO_2 , incorporated carbon in its plant tissues, and sequestered it in the peat after plants died off. This process requires permanently high water levels which segregate the dying plant material from oxygen. After a permanent drop of water level, e.g. by drainage measures, the process of accumulation is reversed. Carbon having been sequestered in the peat is now released as CO_2 again (Couwenberg et al. 2008). Globally, peatland drainage leads to the emission of 2 - 3 Gt of CO_2 per year (Couwenberg 2009b).

For nitrogen which is also stored in peat, similar processes exist. If exposed to oxygen, it oxidizes and is washed out as nitrate (NO_3) or emitted as nitrous oxide (N_2O) (Koppisch 2001).

On a small scale, decomposition of organic matter also takes place under anaerobic conditions (absence of oxygen) in the peat body of intact peatlands. Besides other gases, methane (CH_4) is formed in this process – likewise a trace gas with high global warming potential (Couwenberg 2009a).

Thus in the assessment of the relevance peatlands have for climate, mean water levels are crucial. Hereby, the different impacts of the above-mentioned three gases have to be considered. Correlated to a time scale of 100 years methane bears the 21-fold, nitrous oxide the 301-fold global warming potential of CO_2 .

In principle, growing peatlands show a negative CO_2 balance, thus stripping more CO_2 from the atmosphere than they emit and therefore constituting a CO_2 -sink. A scheme of the interrelation between CO_2 emissions and mean water table is shown in Figure 1-A.

Figure 1-B illustrates that high emissions of CO_2 and N_2O are characteristic for degraded peatlands with a lower mean watertable. However, in addition to the water table, N_2O emissions depend on other, yet not well understood factors. Thus a quantitative assessment of N_2O emissions on peatland sites is difficult. One driving factor influencing the amount of N_2O emissions is the content of elemental nitrogen in the peat. Consequently, peatlands which are fed by precipitation only (bogs), and which are thus not in contact with groundwater rich in nitrogen, show just minor N_2O emission under drainage.

Due to the existing uncertainties in the emission of N_2O , nitrous oxide emissions are often neglected in climate impact studies of peatlands.

Methane is emitted in lower quantities by intact mires with high water levels. Moreover, following rewetting, peaks of methane emissions may occur for a limited time (Figure 1-C). They are due to the decomposition of fresh biomass in large quantities. Those

Влияние болот на изменения климата

Во всем мире болота представляют собой огромные хранилища углерода. Они занимают лишь 3% поверхности земли. Однако в них связано 30% всего наземного углерода (Joosten & Clarke 2002).

Тысячелетиями этот углерод усваивался болотными растениями в форме CO_2 , связывался в растительном волокне и после их умирания откладывался в виде торфа. Этот процесс, однако, происходит только при наличии достаточного уровня воды, чтобы перекрыть растительному материалу доступ к кислороду. Если уровень воды падает, к примеру, из-за мер по осушению, то процесс аккумуляции поворачивается вспять. Углерод, ранее связанный в торфе, высвобождается в виде CO_2 .

То же самое происходит и со связанным в торфе азотом. Как только происходит контакт с атмосферным кислородом, он вымывается в виде нитрата (NO_3) и выбрасывается в атмосферу в виде значимой для климата закиси азота N_2O . (Koppisch 2001)

В малых количествах такие процессы разложения происходят и в нетронутых болотах. Они происходят в анаэробных условиях. При этом выделяется и метан (CH_4), тоже являющийся парниковым газом (Couwenberg 2009a).

Поэтому для оценки значимости болот для климата важное значение имеет показатель среднего уровня воды. Помимо того, три вышеуказанных газа имеют различный парниковый эффект. За период в 100 лет метан обладает 21-кратным парниковым потенциалом углекислого газа, а закись азот – 301-кратным.

В принципе можно исходить из того, что растущие болота приводят к отрицательному балансу CO_2 , то есть, что они забирают из атмосферы больше CO_2 , чем они его выделяют. Они становятся стоком CO_2 . На рис. 1-A в упрощенном виде представлена зависимость выбросов CO_2 от среднего уровня воды.

Выбросы N_2O ведут себя так же, как и выбросы CO_2 , они являются типичными для нарушенных болот (рис. 1-B).

Однако выбросы закиси N_2O зависят не только от уровня воды, но также и других факторов, которые до сих пор еще не выявлены, т.е. нельзя получить точное, или количественное, значение выбросов закиси N_2O . Важное значение, однако, имеет концентрация в торфе азота. Те болота, которые подпитываются исключительно осадками, т.е. в которые не поступает грунтовая азотосодержащая вода (дождевые болота), в осушенном состоянии выделяют малые количества N_2O .

Ввиду того, что в настоящее время существует неопределенность в вычислении выбросов закиси N_2O из осушенных болот, при оценке значимости болот для климата он в основном

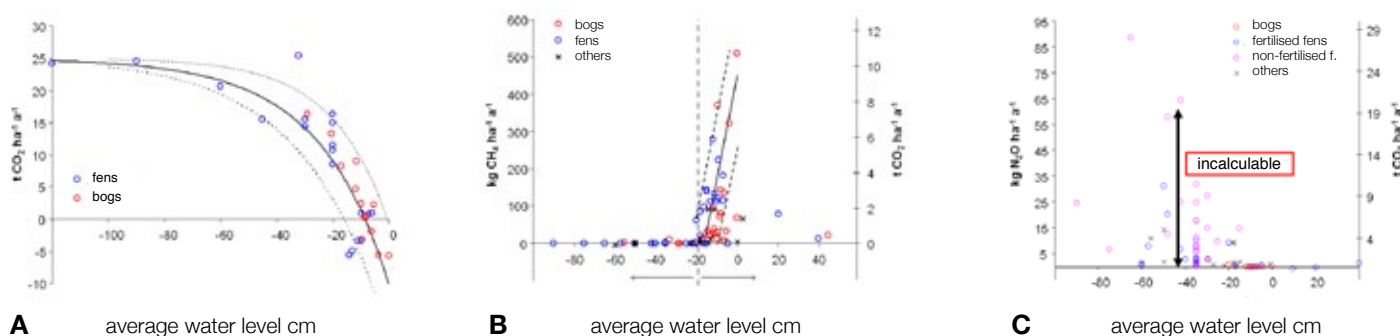


Figure 1: Greenhouse gas emissions of peatlands in relation to the mean water level. A: CO₂, B: CH₄, C: N₂O. fens = peatlands fed by telluric water, bogs = peatlands fed by precipitation only (after Couwenberg et al. 2008)

Рис. 1: Выбросы парниковых газов из болот в зависимости от среднего уровня воды. А: CO₂, В: CH₄, С: N₂O. Fens = Низинные болота = питаемые грунтовыми водами; bogs = Верховые болота = питаемые осадками (согласно Couwenberg et al. 2008)

emission peaks are only of temporary character and decrease after a few years. Moreover, they can be avoided partly or totally by adequate management - e.g., by biomass extraction before rewetting or by only gradual increase in water levels.

не учитывается. Это может привести к недооценке влияния осушенных болот на климат.

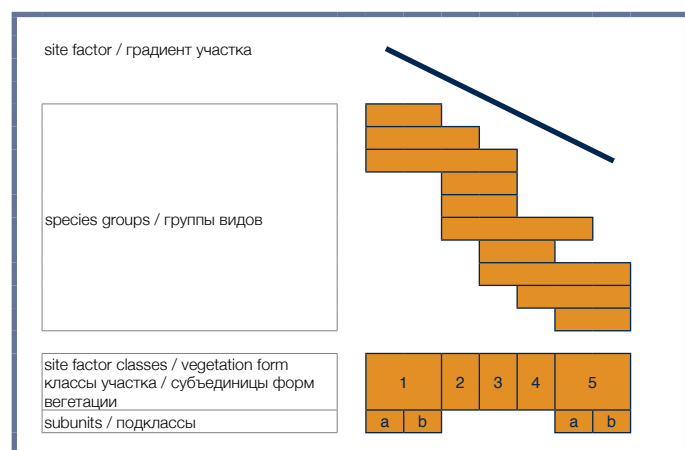
CH₄ выделяется в первую очередь при высоком уровне воды, типичном для ненарушенных или обводненных болот (рис. 1-С). В особенности в первые годы после мер по обводнению болота могут стать источником большого количества метана. В эти годы такой эффект может превысить баланс в секвестрации CO₂ в отношении его влияния на климат.

Methodology for the assessment of climate relevance

The direct assessment of gas balances on peatland sites in general is expensive, time consuming and thus possible mainly on a small scale. Therefore, for the assessment of climate relevance of whole peatlands or peatland complexes, appropriate proxies can be applied.

The GEST-approach (Greenhouse Gas Emission Site Type) is based on an indirect deduction of gas emissions via vegetation composition of the peatland. In this frame, the so-called 'vegetation form' concept (Schlüter 1979, Koska 2001) is applied.

'Vegetation Forms'



Методика оценки значимости для климата

Из практических, а в первую очередь и финансовых, соображений наблюдение за выбросами газов из болот, как правило, возможно только лишь на малых участках поверхности. Поэтому для оценки значимости для климата всего болота или комплекса болот приходится пользоваться лишь косвенными методами.

Основой для применения метода GEST (Greenhouse Gas Emission Site Type – тип территории по выбросам парниковых газов) является косвенный отвод газовых выбросов растительным покровом болота. При этом используется концепция вегетационных форм (форм растительности) (Schlüter 1979, Koska 2001).

Вегетационные формы

Эта концепция базируется на том факте, что определенные виды и сообщества растений внутри одного градиента территории (напр., от влажного до сухого) встречаются только внутри определенных границ участков. При проведении различий в формах растительности составляются вегетационные единицы, которые в значительной степени являются

Figure 2: Schematic differentiation of 'vegetation forms' by site amplitudes occupied by eco-sociological species groups along an univariate site factor gradient (sensu Koska et al. 2001)

Рис. 2: Схема сегментации вегетационных форм посредством используемых зонных амплитуд экосоциальных видовых групп на простом градиенте участка. (по Koska et al. 2001)

The concept is based on the knowledge that plant species and associations occur just in certain ranges along a given gradient in abiotic site conditions (e.g. from wet to dry). With the differentiation of so-called 'vegetation forms', discrete units of vegetation are classified, that represent a definite range of abiotic site conditions. The 'vegetation form' approach is based on so-called eco-sociological species groups that contain species, which co-occur with high statistical significance (sociological groups). In field surveys, the correlating abiotic site conditions are assessed and assigned to these sociological groups, jointly forming the eco-sociological groups. A stable level of abiotic site conditions forms the pre-requisite for this approach, so that vegetation has had time to adapt to those conditions.

Abiotic site factors with substantial influence on vegetation composition are (as identified so far):

- water level and dynamics (Water level class, sensu Koska 2001)
- origin of water and form of water supply in the peatland (precipitation or telluric water, percolation of the peat body, paludification, flooding etc. – Water regime typ, sensu Koska 2001)
- nutrient availability, particularly the ratio of carbon and nitrogen (Trophic class, sensu Succow & Stegmann 2001)
- pH (acid base class, sensu Succow & Stegmann 2001)

With the assignment of amplitudes in abiotic site conditions to the sociological species groups, the ecosociological species groups are defined.

Table 1: Definition of water level classes in the 'vegetation forms'-approach (sensu Koska 2001)

Таб. 1: Дефиниции уровней воды в концепции вегетационных форм (по Koska 2001)

water level class / уровень воды	description / описание
7+ upper sublittoral / верхняя сублиттораль	WLw/WLd: +250 to +140 cm
6+ lower eulittoral / нижняя эвлиттораль	WLw: +150 to +10 cm; WLd: +140 to +0 cm
5+ wet (upper eulittoral) / водонасыщенный (верхняя эвлиттораль)	WLw: +10 to -5 cm; WLd: +0 to -10 cm
4+ very moist / очень влажный	WLw: -5 to -15 cm; WLd: -10 to -20 cm
3+ moist / влажный	WLw: -15 to -35 cm; WLd: -20 to -45 cm
2+ moderately moist / умеренно влажный	WLw: -35 to -70 cm; WLd: -45 to -85 cm
2- moderately dry / умеренно сухой	WD: < 60 l/m ²
3- dry / сухой	WD: 60 – 100 l/m ²
4- very dry / очень сухой	WD: 100 – 140 l/m ²
5- extremely dry / предельно сухой	WD: > 140 l/m ²
+: wetlands and aquatic habitats / водно-болотная и водная среда обитания	
-: non-hydric terrestrial habitats / безводная наземная среда обитания	

WLw: long-term median water level wet season;

WLd: long term median water level dry season;

WD: water supply deficiency;

Seasonally alternating wetness is indicated by a combination of different water level classes, e.g.

5+/4+ refers to a WLw within 5+ range and a WLd within 4+ range.

Strongly alternating wetness is indicated by a tilde-sign, e.g. 3~ refers to a WLw within 4+ range and a WLd within 2+ range.

WLw: влажный сезон долгосрочного среднего уровня воды

WLd: сухой сезон долгосрочного среднего уровня воды

WD: дефицит водоподдачи

Сезонно варьирующаяся влажность определяется комбинацией различных классов уровня воды, напр., 5+/4+ относится к WLw в диапазоне 5+ и WLd в диапазоне 4+.

Сильно варьирующаяся влажность указывается значком ~, например, 3~ означает WLw в диапазоне 4+ и WLd в диапазоне 2+.

репрезентативными для узко очерченного участка с характерными для него особенностями. В основе этого лежат эко-социальные группы видов. Здесь сводятся воедино те виды, которые встречаются вместе с высокой статистической значимостью (социальные группы). После научного исследования территории определяются типично используемые этими сообществами виды участки релевантных градиентов территории. Устойчивый уровень абиотических условий территории является предпосылкой для такого подхода, чтобы у растительности было время для адаптации к этим условиям.

Пока что определены следующие существенные территориальные параметры болот, влияющие на растительность:

- Высота и динамика уровня воды (уровень воды, sensu Koska 2001)
- Источник воды и форма запитывания воды болотом (осадки или минеральные грунтовые воды, протекание через торфяную массу, заболачивание, затопление и т.д. – тип водного режима, sensu Koska 2001)
- наличие питательных веществ, в особенности соотношение между углеродом и азотом (уровень нутриентности, sensu Succow & Stegmann 2001)
- Показатель pH (Уровень базовой кислотности, sensu Succow & Stegmann 2001)

Путем привязывания амплитуд этих участков к социальным сообществам видов получают экосоциальные группы видов растений.

Представленный здесь методологический подход готов к приложению во всех торфяниках Центральной и Восточной Европе, после проведения региональной калибровки. При применении концепции необходимо учитывать то, что состав и индикативное значение экосоциальных групп видов могут варьироваться от региона к региону. Обычно они действуют лишь в границах макроклиматических зон. Если для региона нет адекватной калибровки, экосоциальные группы видов необходимо заново определить для индивидуальной исследуемой территории. В данном случае необходимо на месте провести исследование растительности и абиотических факторов территории с целью определения форм растительности и абиотические условия участка, на которые они указывают.

Более того, актуальные выбросы ПГ некоторых форм растительности в торфяниках могут также различаться в разных макроклиматических зонах. Актуальные значения выбросов, представленные в данном исследовании, действуют для европейского умеренного пояса. Их также необходимо калибровать для других регионов. Более

The methodological approach presented here is ready to be applied in all peatlands of Middle- and Eastern Europe. When applying the concept, it has to be taken into account that composition and indicative value of an eco-sociological species group may vary between climate regions. For the middle European lowlands from east Germany to eastern Poland this calibration is already done, for eastern Europe it is currently under development. For other regions, the eco-sociological species groups have to be defined anew. In this case, surveys on vegetation and abiotic site factors have to be carried out in the field in order to identify 'vegetation forms' and the abiotic site conditions they indicate.

Moreover, the actual GHG emissions of certain 'vegetation forms' in peatlands may differ as well between climate regions. The actual emission values presented in this study are valid for temperate Europe.

In summary, using presence and absence of eco-sociological species groups, it is possible to define 'vegetation forms' clearly representing the abiotic site conditions relevant for vegetation (see Figure 2). These 'vegetation forms' constitute a proxy for water tables in the peatlands, which in turn are correlated to GHG emissions of the site – as detailed in the following chapter. Thus, by mapping 'vegetation forms', indirect information on the GHG emissions of the peatland can be retrieved.

Greenhouse Gas Emission Site Types (GEST)

The interpretation of long-time observation of gas fluxes in peatlands in Central Europe has shown that in peatlands especially the emissions of CO₂ and CH₄ significantly correlate with water level classes respectively with the mean water level (Couwenberg et al. 2008)

As shown here, vegetation is a good indicator (proxy) for this parameter. This is the prerequisite for an efficient field mapping tool for indirect assessment of emissions of peatland sites.

Table 3 shows typical emissions (the so-called Global Warming Potential GWP) measured in different peatlands at different water levels (Couwenberg et al. 2008). Recent surveys (Couwenberg 2009a) have identified additional driving factors in the emission of GHGs besides the water level, particularly for emissions of methane. Some plant species have adapted to the extreme site conditions of peatlands with a porous tissue (aerenchym) for transport of gases from and to the rhizosphere (so-called shunt species, Couwenberg et al. 2008). With the aerenchym, primarily oxygen is transported from the leaves to the roots of the plant. In the other direction methane from the adjacent anaerobe surroundings of the roots is transported directly to the atmosphere. The GEST-approach therefore regards, next to the water level, also the presence of 'shunt species', as they tend to increase methane emissions of the site. Table 2 shows that wet sites tend to emit CH₄ whereas dry ones tend to emit CO₂.

того, они консистентны лишь внутри вышестоящих классов так называемых вегетационных единиц, таких, как леса, нетронутые открытые пространства, луга и т.д. (так называемые формационные классы, *sensu* Koska et al. 2001). Экологическая ниша видов за пределами этих регионов часто меняется (Koska 2001).

Таким образом, границы распространения экосоциальных групп видов одновременно представляют собой различия между этими участками, влияющие на их растительность.

Таким образом, становится возможным определить по наличию или отсутствию экосоциальных групп видов формы растительности таким образом, чтобы они точно могли описать характеристики этого участка, имеющие отношение к растительности (рис. 2).

Типы территории по выбросам парниковых газов (GEST)

Анализ долголетних измерений выбросов газа в центрально-европейских болотах четко указывает на то, что в первую очередь выбросы CO₂ и CH₄ из болот строго коррелируют с определенными параметрами участка, в особенности с водным классом или средним уровнем воды (таб. 2).

Как мы видим, вегетационные формы представляют собой хороший индикатор для этого параметра. Для этого нужна способность и умение делать выводы из косвенных количественных показателей эмиссионных характеристик болот посредством картографирования форм растительности.

Таблица 3 указывает на типичные эмиссионные характеристики (Потенциал глобального потепления ПГП) различных водных классов, измеренные на различных болотных участках (Couwenberg et al. 2008). Новые исследования (Couwenberg 2009a) выявили, помимо водного класса, еще один фактор, существенно влияющий на выбросы, в первую очередь метана. Некоторые виды растений адаптировались к экстремальным болотным условиям при помощи выраженной эренхимы («побочные виды», Couwenberg et al. 2008). Такие ткани в первую очередь служат для переноса кислорода от листьев к корням. А в обратном направлении через эренхимы транспортируется из анаэробной корневой зоны на поверхность метан. Поэтому методом GEST особенно учитывается в дополнение к водному классу и наличие «побочных видов», так как они склонны к повышенному выделению метана. Из приведенных в Таб. 2 типов GEST видно, что влажные участки больше выбрасывают CH₄, а сухие – CO₂.

Table 2: Greenhouse gas emissions and GWP of different Vegetation types in t CO₂-eq. ha⁻¹a⁻¹ (after Couwenberg et al. 2008)
Таб. 2: Выбросы ПГ и ПГП различных вегетационных типов, в т CO₂-eq. га⁻¹а⁻¹ (по Couwenberg et al. 2008)

Vegetation type / Вегетационный тип	WL class / водный класс	CH ₄	CO ₂	GWP
Flooded tall & short reeds / затопленный высокий и низкий тростник				
Chara-Phragmites-reeds / хара-водоросли-тростник	6+	1	<0 (+/-0)	1
Sphagnum-Carex-marsh / сфагнум-осока-топь				
Wet short & tall sedge marshes & reeds with moos layer / Влажные высоко- и низкоосоковые топи и тростник со слоем мха				
Sphagnum-Carex limosa-marsh / сфагново-Carex limosa-топи				
Sphagnum-Carex-Eriophorum-marsh / сфагнум-Carex-Eriophorum-топи				
Drepanocladus-Carex-marsh / Drepanocladus-Carex-топи	5+	12,5	<0 (+/-0)	12,5
Scorpidium-Eleocharis-marsh / Scorpidium-Eleocharis-топи				
Sphagnum-Juncus effusus-marsh / сфагнум-Juncus effusus-топи				
Equisetum-reeds / Equisetum-тростник				
Scorpidium-Cladium-reeds / Scorpidium-Cladium-тростник				
Wet tall reeds / влажный высокий тростник				
Sphagnum-Phragmites-reeds / Sphagnum-Phragmites-тростник				
Solano-Phragmitetum / Solano-Phragmitetum	5+	10	<0 (+/-0)	10
Rorippa-Typha-Phragmites-reeds / Rorippa-Typha-Phragmites-тростник				
Bidens-Glyceria-reeds / Bidens-Glyceria-тростник				
Wet peat moss lawn / влажный сфагновый ковер				
Red or green Sphagnum lawn (optimal) / красный или зеленый сфагновый ковер (оптимально)	5+	5	-2	3
Wet peat moss hollow / влажные сфагновые мочажины				
Green Sphagnum hollow / зеленая сфагновая мочажина	5+	10	-2	8
Wet Polytrichum lawn / влажный Polytrichum ковер				
Polytrichum-lawn / Polytrichum ковер	5+	2	<0	2
Very moist meadows, forbs & tall reeds / очень влажные луга, кустарник и высокий тростник				
Carex-Cirsium oleraceum-meadow / Carex-Cirsium oleraceum-луг	4+	3	8	11
Caltha-Filipendula-forbs / Caltha-Filipendula-кустарник				
Very moist bog heath / очень влажный болотный вереск				
	4+	0,5	9	9,5
Moist bog heath / влажный болотный вереск				
	3+	0	13	13
Moist bare peat / влажный обнаженный торф				
	3+	0	10	10





Table 3: Global Warming Potential (GWP) in t CO₂-eq. ha⁻¹ a⁻¹ of peatland sites with different water level classes (Couwenberg et al. 2008)
Таб. 3: Потенциал глобального потепления (ПГП) болот в различных водных классах, в т CO₂-eq. га⁻¹ а⁻¹ (Couwenberg et al. 2008)

Water level class Класс уровня воды	90% probability / вероятность		70% probability / вероятность	
	GWP higher than ПГП больше	GWP lower than ПГП ниже	GWP higher than ПГП больше	GWP lower than ПГП ниже
2+	20	25	23	25
3+/2+, 3+, 4+/3+	8	22	10	18
4+	5	12	6	10
5+	-5	18	-2	8

Need for research and development

The GEST-approach in general needs further substantiation by field measurements of gas fluxes. For many vegetation types the GWP is just estimated, based on their similarity to other vegetation types (Couwenberg et al. 2008). In other cases the number of empirical data on their emission characteristics is very low.

Regarding the open questions in N₂O-emission characteristics of peatlands, further research is necessary as well. Both the driving force that controls the amount of nitrous oxide emissions and a way to quantify these emissions have to be identified.

The methodological approach presented here is ready to be applied in all peatlands of Middle- and Eastern Europe, following regional calibrations, and after further adaptations even globally. As mentioned before, eco-sociological species groups just have regional validity, e.g. for the north-eastern German lowlands. If an adequate calibration is missing, they have to be defined anew for the individual survey area. In this case, surveys on vegetation and abiotic site factors in the field have to be carried out in order to identify 'vegetation forms' and the abiotic site conditions they indicate.

Moreover, calibrations of actual GHG emissions of peatland 'vegetation forms' are needed for regions beyond temperate Europe. This would enable a wide application of the methodology of estimating GHG emissions from peatlands presented in this study.

Потребность в дальнейших исследованиях и разработках

В целом концепция GEST нуждается в дальнейшем уточнении при помощи измерений газовых потоков. Для некоторых вегетационных типов соответствующий ПГП оценивается на основе измерений выбросов газа на схожих вегетационных единицах (Couwenberg et al. 2008). В других случаях количество измерений, лежащих в основе GEST еще очень незначительно.

Необходимы также дальнейшие исследования по открытым вопросам выбросов N₂O, которые бы объяснили, от чего конкретно зависит количество выделений закиси N₂O и как их количественно выразить.

Представленная нами методология может быть применима в целом для всех болот Центральной и Восточной Европы и за ее пределами. Но для этого необходима региональная корректировка.

Как было сказано выше, экосоциальные группы видов имеют лишь региональную привязанность, например, к северо-германской низменности. Там, где отсутствует соответствующая калибровка, необходимо ее заново определить под конкретный исследуемый район. Помимо этого необходимо скомбинировать съемку растительности на месте с соответствующими параметрами объекта. То же самое касается и вегетационных форм.

И, наконец, необходимо калибровать также эмиссионные характеристики болот в зависимости от макроклиматической зоны.

Case study Zehlau peatland

In the frame of the project '100 years Zehlau – climate relevance of a bog in Kaliningrad region, Russian Federation' an assessment of its present relevance for climate and recommendations for the future management of the peatland in order to minimize greenhouse gas emissions were envisaged.

With an area of 2 600 ha the Zehlau peatland is one of the largest peatlands in the Kaliningrad region. The bog was designated as natural monument 100 years ago and was one of the earliest protected peatlands in Europe. However, the ecosystem has suffered from anthropogenic pressure since that time. In the beginning of the past century an active drainage system still crossed the surface of the peatland. In the meantime the drainage channels have been filled up completely and the drainage of the area has (almost) ceased. After world war II the Russian army installed a military training area at the margin of the peatland. Parts of the peatland itself were used as target area for military training. Moreover, several fires raged through the peatland. During the latest in 2002, approximately 80% of the peatland area were affected.

Already 1929, Gams & Ruoff published a comprehensive study on the bog and its characteristics. In addition to the vegetation, they also explored the peat deposits. The study gives not only detailed data and maps on the vegetation in this time but also representative cross sections through the stratigraphy of the peatland.

In July 2010, a survey on vegetation and climate relevance was conducted in the Zehlau peatland. Along ten transects in North-South direction, and at intervals of approx. 500 m, 'vegetation forms' were mapped. The cover of dominant species as well as the micro-relief of the surface (distribution of hummocks and hollows, cover of open peat soil and muddy hollows) were mapped. The resulting map of 'vegetation forms' (Figure 3), by assigning characteristic CH_4 and CO_2 emissions, enabled an estimation of the emission characteristics of different subareas of the peatland. It has to be taken into account here, that in the frame of the project, a regional calibration of 'vegetation forms' was not feasible. Data from north-eastern Germany were used as an approximation. Using the GEST-approach, the climate relevance of the whole Zehlau peatland complex was estimated.

Table 4 shows the mapped 'vegetation forms' and their assigned emission characteristics. On the sites covered by three of the 'vegetation forms', the rate of CO_2 sequestration by peat accumulation exceeds the emission of CO_2 during decomposition (plant respiration, decomposition of dead plant tissues). Though they act as a CO_2 -sink, in relation to total climate relevance this effect is overcompensated by emissions of CH_4 at the sites. In total, all of the assessed 'vegetation forms' have a positive GWP, although on different levels of magnitude.

Altogether, the Zehlau peatland in its present condition emits roughly 23 000 t CO_2 -equivalents per year.

Пример болота Целау

В рамках проекта «100-летие Целау – климатическая значимость верхового болота в Калининградской области, Россия» была поставлена цель – исследовать актуальную климатическую значимость болота Целау и разработать рекомендации для будущего управления с целью снижения выбросов ПГ.

Площадью около 2 600 га, болото Целау является одним из самых крупных в Калининградской области. Это верховое болото стало охраняемой территории 100 лет назад и поэтому является одним из старейших в Европе охраняемых болот. К началу прошлого века болота пересекало множество осушительных канав. Теперь они уже полностью засыпаны, поэтому эту территорию можно назвать (почти) неосушенной. После Второй мировой войны советской армией на краю болота был создан полигон, и при этом некоторые участки болота служили мишенью для обстрела. Кроме того, на болоте неоднократно возникали пожары. Во время последнего пожара в 2002 году пострадало около 80% территории болота. Сегодня большая часть болота Целау соответственно деградирована.

Еще в 1929 году Gams & Ruoff опубликовали обширное исследование об этом болоте. Помимо растительности, они исследовали также и отложения торфа. Таким образом, на сегодняшний день имеются не только подробные вегетационные данные и карты тех времен, но также и информативные профильные разрезы болота.

В июле 2010 г. ввиду ее климатической значимости была исследована растительность болота Целау. Было проведено картирование форм растительности вдоль 10 северо-южных отрезков на расстоянии около 500 м друг от друга. В этой связи были зарегистрированы преобладающие виды и их покрытие, а также существенные болотные структуры (комплексы кочек и понижений, доля свободных от растительности территорий/мочажин). В результате получилась карта форм растительности болота Целау (рис. 3), представляющая распределение на поверхности характеристик местности, релевантных для растений. Это в свою очередь делает возможным определить разделы между эмиссионными характеристиками болота. Зарегистрированным формам растительности были приписаны их особенные характеристики по выбросам CH_4 и CO_2 . Здесь необходимо учитывать, что в рамках данного проекта было нецелесообразным проведение региональной калибровки форм растительности. Использовались в качестве приближенной величины данные по северо-восточной Германии. Таким образом, методика GEST – (типы территорий по выбросам ПГ) позволяет проводить оценку климатической значимости всей территории болота.

Таблица 4 показывает зарегистрированные формы растительности с их соответствующими эмиссионными характеристиками. Всего 3 формы растительности имеют отрицательные значения выбросов CO_2 . Это означает, что на этих участках секвестр CO_2 превышает благодаря накоплению торфа

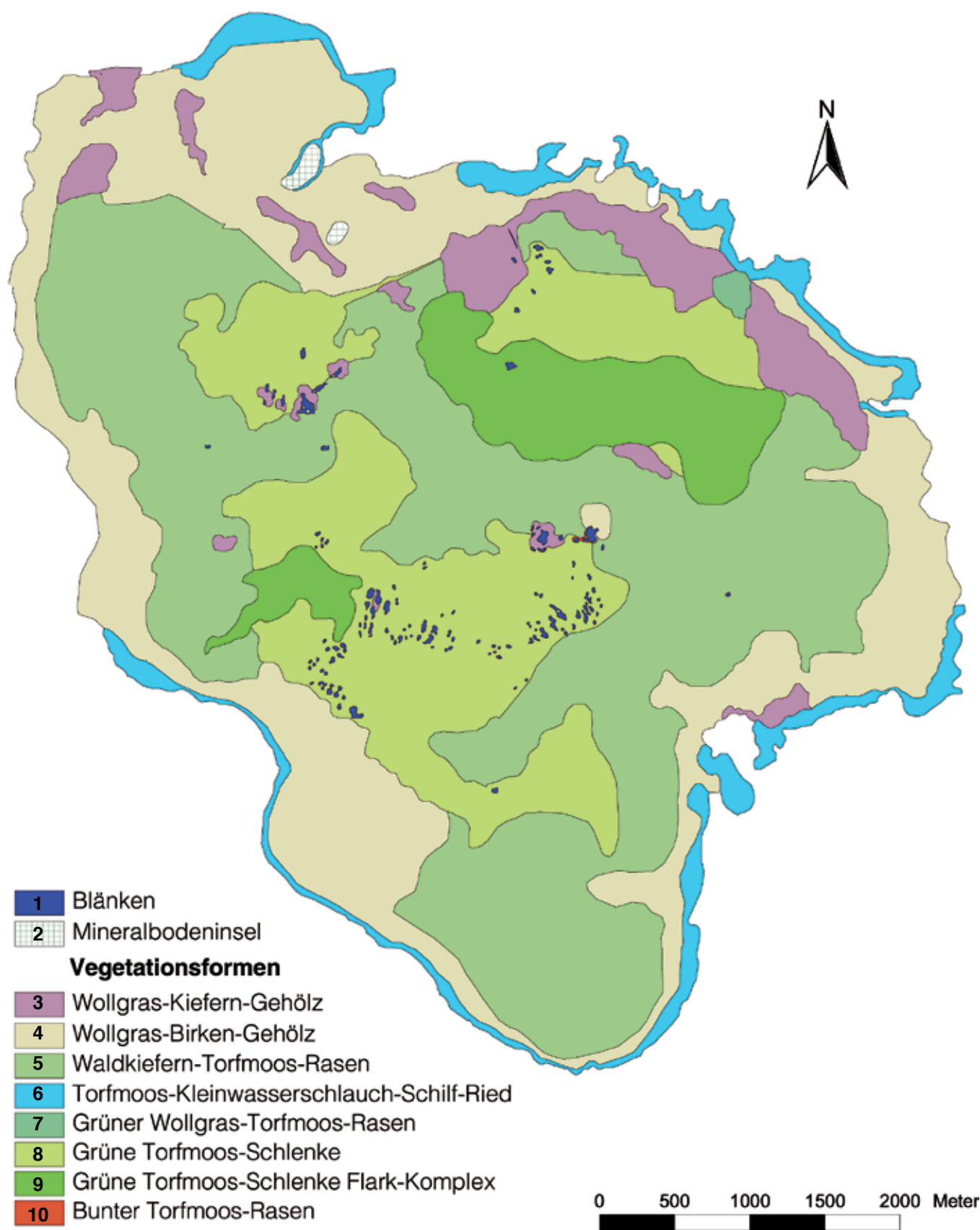


Figure 3: Recent (2010) distribution of 'Vegetation forms' in Zehlau peatland. 1: open water, 2 mineral soil; Vegetation forms: 3 Eriophorum-Pinus-wood, 4 Eriophorum-Betula-wood, 5 Pinus-Sphagnum-lawn, 6 Sphagnum-Utricularia-Phragmites-reed, 7 green Eriophorum-Sphagnum-lawn, 8 green Sphagnum-hollow, 9 green Sphagnum-hollow with flark complex, 10 red sphagnum-lawn

Рис. 3: Актуальная (2010) карта форм растительности болота Целау. 1 озерца, 2 острова с минеральной почвой, Формы растительности: 3 пушицево-сосновый лес, 4 пушицево-березовый лес, 5 сосново-сфагновый ковер, 6 сфагново-пузырчатка-осока-тростник, 7 зеленый пушицево-мочажинный, 8 зеленый сфагново-мочажинный, 9 зеленый сфагново-мочажинный Flark-комплекс, 10 пестрый сфагновый ковер

Table 4: 'Vegetation forms' of the Zehlau-peatland (Assessment in July 2010) with corresponding Global Warming Potential (GWP) and total Greenhouse gas emissions in $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ CO_2 -equivalents (values after Couwenberg et al 2008). 5a Pinus-Sphagnum-lawn with bear peat hollows, 4 Eriophorum-Betula-wood, 8 green Sphagnum-hollow, 9 green Sphagnum-hollow with Flark complex, 3 Eriophorum-Pinus-wood, 6 Sphagnum-Utricularia-Phragmites-reed, 7 green Eriophorum-Sphagnum-lawn, 10 red Sphagnum lawn

Таб. 4: Формы растительности болота Целау (составлено в июле 2010) с соответствующим ПГП (GWP) выбросами ПГ. 5a & 5b сосново-сфагновый ковер, 4 пушицево-березовый лес, 8 зеленый сфагново-мочажинный, 9 зеленый сфагново-мочажинный Flark-комплекс, 3 пушицево-сосновый лес, 6 сфагново-пузырчатка-осока-тростник, 7 зеленый пушицево-мочажинный, 10 пестрый сфагновый ковер

Vegetation form	WL class	Area ha	CH ₄ (t ha ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)	CO ₂ (t ha ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)	GWP (t ha ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)	Emission (t a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)
3 Wollgras-Kiefern-Gehölz	4+	154,2	0,5	9	9,5	1.465
4 Wollgras-Birken-Gehölz	4+	691,3	0,5	9	9,5	6.567
5a Waldkiefern-Torfmoos-Rasen	4+	849,5	0,5	9	9,5	8.070
5b Waldkiefern-Torfmoos-Rasen m. Schlammshlenken	5+/4+	153,9	2	5	7	1.077
6 Torfmoos-Kleinwasserschlauch- Schilf-Ried (Lagg)	6+/5+	140	1	0	1	140
7 Grüner Wollgras-Torfmoos-Rasen	5+	5,9	5	-2	3	18
8 Grüne Torfmoos-Schlenke	5+	501,8	10	-2	8	4.014
9 Grüne Torfmoos-Schlenke – Flark	5+	185,1	10	-2	8	1.481
10 Bunter Torfmoos-Rasen	5+	0,4	5	-2	3	1
Sum		2677,6				22.833

This characteristic emission regime is owing to the substantial disturbance of the peatland, e.g., by the frequent fires caused by visitors especially in dry years. Stimulated by that, large areas of the peatland are covered by 'vegetation forms' with high CO_2 -emission characteristics, e.g. the Pinus silvestris-Sphagnum lawn and the Eriophorum-Betula-grove, both having a GWP of $9.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1} \text{ CO}_2$ -equivalents. Although pristine peatlands can show weak net-emission characteristics of CO_2 -equivalents, the recent values for the Zehlau peatland are significantly higher than those of pristine peatlands of comparable type ($\text{GWP} < 0$ to $3 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1} \text{ CO}_2$ -equivalents).

Based on these results, the question arises, how a suitable management of the peatland in future may influence the emission characteristics and reduce the current emissions. For that reason a management scenario aiming at minimizing emissions is compared with the continuation of the status quo and with a scenario of further degradation.

The management scenario aiming at minimizing emissions assumes an undisturbed development of the peatland in future and models the corresponding changes in GHG-emissions. That implies a management of the peatland that would have to prevent any drainage measures, consequently any fires, and any mechanically

выделение CO_2 из-за различных процессов разложения (дыхания растений, разложение отмерших частей растений и т.д.). Однако на этих участках болот улавливание CO_2 чрезмерно компенсируется довольно большими выбросами CH_4 , так что итоговый результат по ПГП является положительным. Также и все другие формы растительности имеют положительное значение ПГП, хотя и в различной степени.

В итоге можно констатировать, что болото Целау в настоящее время выбрасывает ежегодно почти 23 000 т CO_2 -эквивалента. Это соответствует средним ежегодным выбросам около 2050 российских жителей (выбросы на душу по состоянию на 2007 г. $11,2 \text{ т а}^{-1} \text{ CO}_2$ -эквивалента; http://de.wikipedia.org/wiki/Länderliste_CO2-Emission)

Такие эмиссионные характеристики являются следствием значительной нарушенности болота, в частности неоднократных пожаров в прошлом. С тех пор на обширных участках болота преобладают формы растительности, ассоциируемые с высокими выбросами CO_2 . К ним принадлежит пушицево-березовый кустарник и сосново-сфагновые пустоши, каждый с показателем ПГП в $9,5 \text{ т ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CO}_2$ -эквивалента. Однако и растущие болота могут иметь слабый положительный баланс выбросов CO_2 -эквивалента. Но актуальные выбросы болота

disturbances of the peatland surface, e.g. by intruding with motorized vehicles or use as a military training area.

For this scenario it can be assumed that the peatland vegetation will regenerate to a great extent within a few decades. This will be connected with a shift of vegetation forms (also of the site conditions). In particular the green peat moss lawn will extend into areas now covered by the Pinus-Sphagnum-lawn. Table 5 shows a forecast on the potential future 'vegetation form' distribution after complete regeneration of the peatland.

Целау намного выше, чем у растущих (=ненарушенных) болот сходного типа (ПГП <0 до 3 т ha⁻¹ a⁻¹ CO₂-эквивалента). В настоящее время это болота оказывает существенное негативное воздействие на климат.

Теперь возникает вопрос, как повлияют в будущем природо-охранные меры на эмиссионные характеристики болота. Помимо оценки актуальной климатической значимости болота Целау были рассмотрены два сценария.

Table 5: 'Vegetation forms' of the Zehlau peatland after complete regeneration with corresponding Global Warming Potential (GWP) and total greenhouse gas emissions (values after Couwenberg et al. 2008). 5 Pinus-Sphagnum-lawn, 8 green Sphagnum-hollow, 9 green Sphagnum-hollow with Flark complex, 3 Eriophorum-Pinus-wood, 6 Sphagnum-Utricularia-Phragmites-reed, 7 green Eriophorum-Sphagnum-lawn, 10 red Sphagnum lawn

Таб. 5: Формы растительности болота Целау после полной регенерации с соответствующим ПГП (GWP) выбросами ПГ. 5 сосново-сфагновый ковер, 8 зеленый сфагново-мочажинный, 9 зеленый сфагново-мочажинный Flark-комплекс, 3 пушицево-сосновый лес, 6 сфагново-пузырчатка-осока-тростник, 7 зеленый пушицево-мочажинный, 10 пестрый сфагновый ковер

Vegetation form	WL class	Area ha	CH ₄ (t ha ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)	CO ₂ (t ha ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)	GWP (t ha ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)	Emission (t a ⁻¹ CO ₂ -Equ.)
3 Wollgras-Kiefern-Gehölz	5+/4+	922,5	0,5	3	3,5	3.229
5 Waldkiefern-Torfmoos-Rasen	5+	422,5	0,5	3	3,5	1.479
6 Torfmoos-Kleinwasserschlauch-Schilf-Ried (Lagg)	6+/5+	140	1	0	1	140
7 Grüner Wollgras-Torfmoos-Rasen	5+	505,3	5	-2	3	1.516
8 Grüne Torfmoos-Schlenke	5+	501,8	10	-2	8	4.014
9 Grüne Torfmoos-Schlenke – Flark	5+	185,1	10	-2	8	1.481
10 Bunter Torfmoos-Rasen	5+	0,4	5	-2	3	1
Sum		2677,6				11.860

As a result of the regeneration of the peat producing vegetation the water storage ability of the peatland will improve which will lead to a wetter peatland surface. The areas with low GWPs (up to 3.5 t ha⁻¹ y⁻¹ of CO₂-equivalents) will enlarge from currently approx. 150 ha to nearly 2 000 ha. At the same time the areas which today show high GWPs of 9.5 or 8 t ha⁻¹ y⁻¹ of CO₂-equivalents (in total more than 2 300 ha) will decrease, to less than 700 ha. It can be assumed that the annual emission of the peatland will decrease about nearly 50% to approx. 12 000 t of CO₂-equivalents.

A management scenario continuing the status quo assumes an ongoing disturbance of the peatland leading to its complete destruction, and models the corresponding GHG emissions. This would apply if, e.g., the peatland would be drained for agriculture or forestry, or for peat extraction for energetic or horticultural (peat as substrate) purpose. Ongoing frequent fire events would finally

В первом сценарии рассматривался вопрос, как изменятся выбросы ПГ в случае, если болото в будущем будет стихийно развиваться. То есть, если прекратятся меры по осушению, будут непрерывно предотвращаться пожары и будут запрещено физическое разрушение болотной поверхности, например, транспортом или военными учениями.

Рассматривая данное развитие в долгосрочной перспективе, можно предположить, что значительное восстановление растительности болота произойдет в течение нескольких десятилетий. Это будет связано со сменой форм растительности (и, соответственно, свойств местообитаний). Прежде всего, увеличится площадь зелёных пушицево-сфагновых комплексов и одновременно уменьшится площадь, занимаемая сосново-сфагновыми комплексами. На таблица 5 показано распределение в будущем форм растительности в случае полного

also lead to a total mineralization of the peat body by oxidative decomposition. According to type and intensity of disturbance, the time span till the complete mineralization of the peat body, meaning the complete loss of the peatland, would vary between decades and centuries. Thus, the potential emissions from the whole peat body were taken into account here, regardless of the concrete time frame.

According to the peat cadastre for the Kaliningrad region, the total volume of peat in the Zehlau peatland amounts to 91 million m³ (Olenin 1952). This corresponds to a wet mass of approx. 100 million t (DIN 1055-2), of which 95% are water. Thus, a dry mass of peat of 5 million t can be assumed, of which slightly to moderately decomposed Sphagnum peat forms approximately 95%. The remaining are alder carr and phragmites (reed) peats that can be found at the base of the peat body (Gams & Ruoff 1929). A complete destruction of the peatland would lead to the release of approx. 2.6 million t carbon mainly in the form of CO₂ (9.5 million t).

The models presented rely on the assumption that basic site factors, e.g. ration of precipitation and evaporation, experience no substantial changes in the future. They do not take into account possible effects of climate change.

восстановления болота, построенное с учётом современного их распределения.

В результате восстановления торфообразующей растительности улучшатся водоудерживающие свойства болота и поверхность его станет более влажной. Доля территорий с низким утепляющим эффектом (т.н. GWP – Global Warming Potential – до 3,5 т CO₂-эквивалента на гектар в год) должна возрасти со 150 га на сегодняшний момент до 2 000 га в будущем. В то же самое время площадь территорий с высоким утепляющим эффектом (8-9,5 т CO₂-эквивалента на гектар в год) должна снизиться до 700 га. В общей сумме предположительные оценки дают сокращение годовой эмиссии парниковых газов (в пересчёте на CO₂) с поверхности болота почти на 50% (12 000 т CO₂-эквивалента в год).

Второй сценарий рассматривает, к каким последствиям приведет продолжение нарушения болота, вплоть до полного разрушения с точки выбросов ПГ. Это бы произошло, к примеру, в случае осушения болота в сельскохозяйственных и лесохозяйственных целях или добычи торфа. Постоянные пожары также привели бы к минерализации всего торфяного слоя, т.е. полному окислительному разложению. В зависимости от рода и интенсивности вмешательства временные отрезки до полной потери торфяного слоя значительно варьируются, и поэтому их трудно прогнозировать. Поэтому принимался во внимание потенциал выбросов CO₂ при имеющихся запасах торфа на болоте Целау, без учета временного аспекта таких выбросов. В зависимости от интенсивности нарушения болота для полной минерализации торфяного слоя может (= полное уничтожение болота) может понадобиться от десятков до сотен лет.

Объем болота Целау, согласно торфяному кадастру Калининградской области, составляет 91 млн m³ (Olenin 1952). Это соответствует массе в 100 млн т (DIN 1055-2), в которой содержание воды составляет ок. 95%. Таким образом остается 5 млн т сухой торфяной массы, в которой немного или умеренно разложившийся сфагновый торф составляет 95%. Помимо этого, на дне болота залегают также древесно-тростниковый торф (Gams & Ruoff 1929). При полном уничтожении болота из этих видов торфа высвободится примерно 2,6 млн т углерода. В основном он будет в форме CO₂ (ок. 9,5 млн т).

Обозначенные выше модели предполагают, что в предвидимом будущем не произойдет никаких тяжких изменений в климатическом водном балансе болота, т.е. не произойдет значительных изменений в соотношении осадков и испарения.

Summary

The GEST approach (Greenhouse Gas Emission Site Type) presented in this brochure in principle enables the estimation of climate relevance for peatlands or peatland complexes, by using vegetation as an indicator (proxy) for emission characteristics.

Intact growing peatlands emit mainly methane (CH_4), while disturbed and degraded peatlands are strong sources of CO_2 .

Despite emitting methane intact peatlands do not only preserve the carbon store accumulated over millennia in their peat body, they also can be carbon-sinks if new peat is formed and the CO_2 sequestration rate overcompensates the CH_4 -emissions.

Beside a general introduction of the GEST-approach also its application in a case study in the Zehlau Peatland, Kaliningrad Oblast is presented.

The results of the estimations and scenarios in the case study clearly demonstrate that a consequent preservation of the peatland would minimize its Global Warming Potential (GWP). Though emissions, especially of methane, would still lead to a positive GWP, it would be significantly lower than under the present strongly degraded status quo of the peatland. Also a scenario of a complete mineralization of the peat body, though without a concrete time horizon, yields a significantly higher GWP than that of consequent conservation of the peatland. Thus, active conservation of peatlands can safeguard their ecosystem services such as preservation of biodiversity and water storage, and can help to mitigate climate change. The establishment of protected areas and wetland management are suitable instruments for long-term conservation and regeneration of peatlands.

Выводы

Предлагаемая методика GEST для оценки выбросов ПГ при помощи растительности позволяет делать выводы о климатической значимости всего болота или комплексов болот.

Очевидно, что растущие болота в основном выделяют метан (CH_4), а нарушенные болота являются мощным источником CO_2 .

Несмотря на выделение метана, растущие болота тысячелетиями не только содержат в своем торфяном слое аккумулярованные запасы углерода, но они также могут служить и для секвестра углерода по мере образования нового торфа за счет избыточной компенсации выбросов метана связыванием углекислого газа. Выбросы CH_4 обводненных болот базируются в основном на присутствии «побочных видов».

Помимо общего описания методологии GEST, также представлено ее использование для оценки климатической значимости болота Целау в Калининградской области.

Результаты трех совмещенных расчетов доказывают, что последовательные меры по охране болота позволяют минимизировать его воздействие на климат. Однако, его выбросы метана также приводят к отрицательным последствиям для климата. Но такие последствия гораздо более незначительны, чем в случае сохранения болотом своего нарушенного состояния. Также в случае, если произойдет полная минерализация торфа, даже без конкретного прогноза времени, можно предположить, что отрицательное воздействие на климат было бы гораздо большим, чем в случае невмешательства в развитие болота в будущем.

References | Литература

Couwenberg, J. (2009a): Methane emissions from peat soils (organic soils, histosols). Facts, MRV-ability, emission factors. Wetlands International, Ede. 14p.

Couwenberg, J. (2009b): Emission factors for managed peat soils. An analysis of IPCC default values. Wetlands International, Ede. 14p.

Couwenberg, J., Augustin, J., Michelis, D. & Joosten, H. (2008): Emission reduction from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. Duene & RSPB, Greifswald / Sandy. 27p.

Gams H., Ruoff S. (1929): Geschichte Aufbau und Pflanzendecke des Zehlaubbruches. Schriften der Phys.-Oekonom. Gesellschaft zu Königsberg i. Pr., Bd.66. H.1. 1-193.

Hooijer A., Silvius M., Wösten H., Page, S. (2006): Peat-CO₂ – Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics Report Q 3943. 36 p.

Joosten, H. & Clarke, D. (2002): Wise use of Mires and Peatlands. Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group & International Peat Society, Saarijärvi. 304p.

Koppisch, D. (2001): Stickstoff-Umsetzungsprozesse. In: Succow, M & Joosten, H. (eds): Landschaftsökologische Moorkunde. Schweizerbart, Stuttgart. 20-22.

Koska, I. (2001): Standortkundliche Betrachtung und Bioindikation. In: Succow, M & Joosten, H. (eds): Landschaftsökologische Moorkunde. Schweizerbart, Stuttgart. 128-143.

Koska, I., Succow, M., Clausnitzer, U., Timmermann, T., Roth, S. (2001): Vegetationskundliche Kennzeichnungen von Mooren (topische Betrachtung). In: Succow, M & Joosten, H. (eds): Landschaftsökologische Moorkunde. Schweizerbart, Stuttgart. 112-184.

Olenin, A.S. (1952): Торфяной фонд Калининградской области. М, 63р.

Schlüter, H. (1979): Vegetationsform und -mosaiktyp als vegetationsgeographische Raumeinheit. Wiss. Mitt. Inst. Geogr. Geoökol. AdW DDR, Leipzig 1: 32-39.

Succow, M. & Stegmann, H. (2001): Nährstoffökologisch-chemische Kennzeichnung. In: Succow, M & Joosten, H. (eds): Landschaftsökologische Moorkunde. Schweizerbart, Stuttgart. 75-85.

financed by:



Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Umwelt
Bundes
Amt 
For our Environment

B**N**
Federal Agency
for Nature
Conservation

www.succow-stiftung.de

