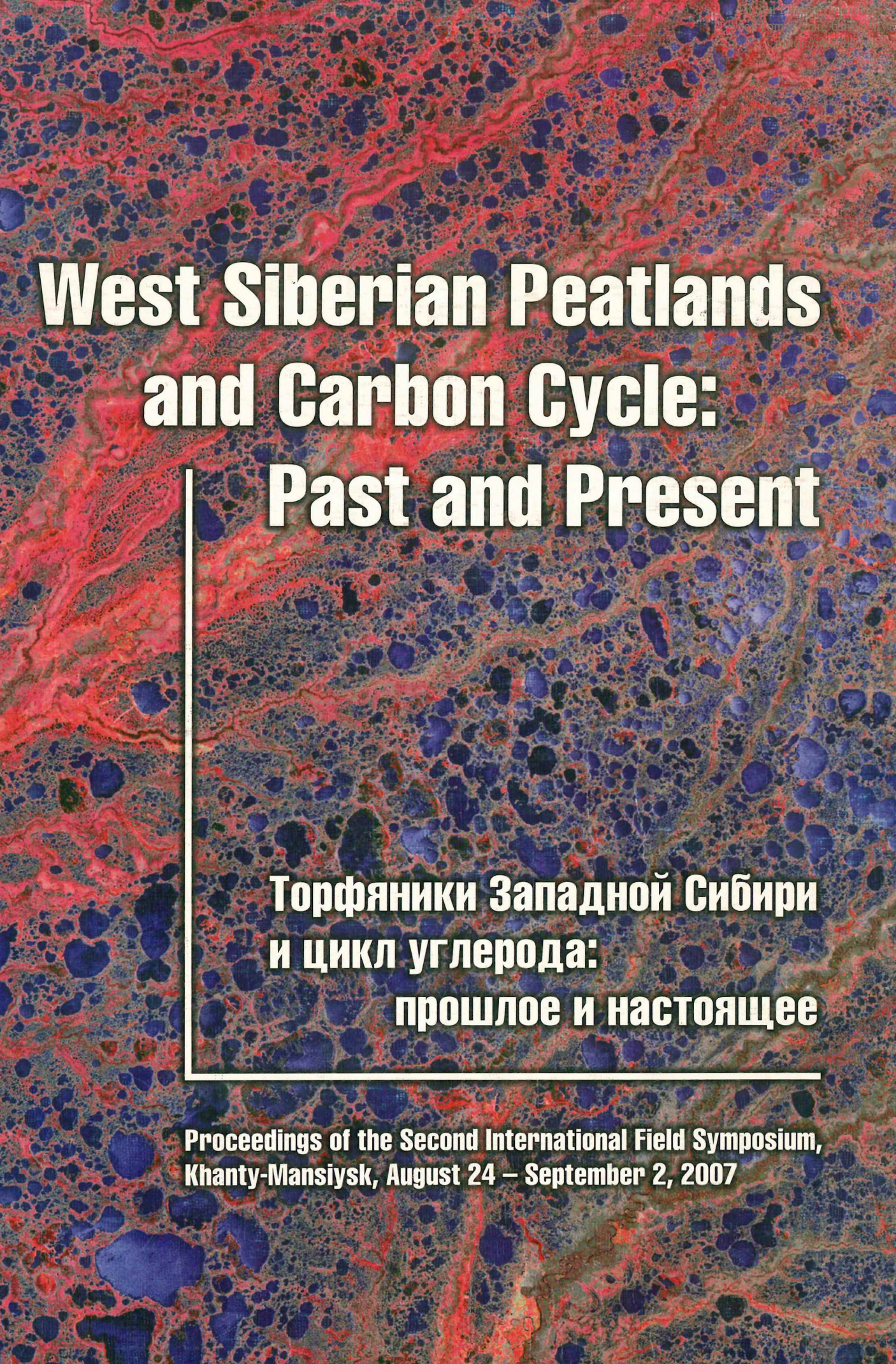




West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

**Торфяники Западной Сибири
и цикл углерода:
прошлое и настоящее**

**Proceedings of the Second International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk, August 24 – September 2, 2007**

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

**Торфяники Западной Сибири
и цикл углерода:
прошлое и настоящее**

**Proceedings of the Second International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk, August 24 – September 2, 2007**

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
Сибирский научно-исследовательский и проектный институт природопользования
и охраны окружающей среды, Нижневартовск
Томский государственный университет
Департамент охраны окружающей среды и экологической безопасности
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее

МАТЕРИАЛЫ

**Второго Международного полевого симпозиума,
Ханты-Мансийск, 24 августа – 2 сентября 2007 г.**

*Под редакцией академика РАН,
докт. биол. наук С. Э. Вомперского*



Томск – 2007

Yugra State University, Khanty-Mansiysk
Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk
Siberian Research and Designed Institute of Nature Management, Nizhnevartovsk
Tomsk State University
Environment Protection Department of Yugra Region

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

PROCEEDINGS
of the Second International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk, August 24 – September 2, 2007

Edited by Prof. S. É. Vompersky



Tomsk – 2007

УДК 551.510+556.5+574+631.4
Т 617

Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы Второго Международного полевого симпозиума (Ханты-Мансийск, 24 августа – 2 сентября 2007 г.) / Под ред. акад. С.Э. Вомперского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2007. – 180 с.

ISBN 978-5-89503-333-3

Сборник содержит материалы Второго Международного полевого симпозиума «Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее». В сборнике публикуются материалы пленарного заседания, а также работы пяти секций: «Генезис и палеоэкология болот северных регионов», «Экология болот и их роль в сохранении биологического разнообразия», «Биологическая продуктивность и накопление углерода», «Газовые потоки в цикле углерода болотных экосистем», «Оценка антропогенного воздействия нефтегазового комплекса на болота и современные технологии их рекультивации». Публикации сборника представляют интерес для широкого круга специалистов, работающих в области болотоведения, почвоведения, экологии, охраны природы, рационального использования ресурсов, а также студентов и преподавателей вузов.

Организационная и финансовая поддержка:

1. Сибирский научно-исследовательский и проектный институт природопользования и охраны окружающей среды, Нижневартовск.
2. Департамент охраны окружающей среды и экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа.
3. Администрация Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.
4. Российский фонд фундаментальных исследований.
5. International Mire Conservation Group (IMCG).
6. Peatland Ecosystem Analysis and Training Network (PEATNET), NSF Grant 0443447.
7. Проект: «Climate in relation to carbon accumulation: spatial and temporal analyses of West Siberian peat ecosystems» (INTAS-99-01718).

UDC 551.510+556.5+574+631.4
W 59

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: past and present: Proceedings of the Second International Field Symposium (Khanty-Mansiysk, August 24 – September 2, 2007) / Ed. by Prof. S.É. Vompersky. – Tomsk: NTL, 2007. – 180 p.

ISBN 978-5-89503-333-3

The book contains proceedings of the Second International Field Symposium «West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: past and present». Papers of the Plenary session and five sections («Genesis and paleoecology of Northern bogs», «Mire ecology and biodiversity conservation», «Primary production and carbon accumulation», «Carbon gas fluxes of Northern bogs», «Estimation of human activities related to oil-and-gas production and modern recultivation/remediation technologies») are published in the book. Proceedings of the Symposium are of interest for researchers of wetland ecology, soil science, ecology, nature conservation.

Supported by:

1. Siberian Research and Designed Institute of Nature Management, Nizhnevartovsk.
2. Environment Protection Department of Yugra Region (in the framework of yearly International Ecological Action «To Save and to Preserve»).
3. Administration of Yugra Region.
4. Russian Fund of Fundamental Investigation (proposal submitted).
5. International Mire Conservation Group (IMCG).
6. Peatland Ecosystem Analysis and Training Network (PEATNET), NSF Grant 0443447.
7. Project: «Climate in relation to carbon accumulation: spatial and temporal analyses of West Siberian peat ecosystems» (INTAS-99-01718).

ISBN 978-5-89503-333-3

© Авторы, текст, 2007
© ООО «Издательство НТЛ»,
дизайн, оригинал-макет, 2007

ВВЕДЕНИЕ

В последние несколько десятилетий научное сообщество значительно увеличило свое внимание к исследованиям болотных экосистем. Кроме собственно болотоведов, торфоведов, специалистов по использованию болот в разных отраслях хозяйства в изучение болот включились экологи, биохимики, почвоведы, географы, специалисты по четвертичным отложениям, палеоклиматологи, палеоботаники, зоологи и др. ученые. Обилие разных мнений, а нередко и противоречивые взгляды легче понять и устранить в профессиональных дискуссиях и личных встречах ученых, одна из которых отражается представленными здесь материалами Второго Международного симпозиума «Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее» (Ханты-Мансийск, август 2007 г.).

Повышенное внимание к болотам обусловлено тревогой глобального потепления климата. Болота в наземной биоте являются наиболее сильными регуляторами в обмене с атмосферой тепличными газами (CO_2 , CH_4 , N_2O). Если в историческом прошлом отрицательное воздействие болот мира на тепличный эффект климата не вызывает сомнений и измеряется изъятием из атмосферы углеродом (CO_2), заключенным в торфах, то современная их роль далека от ясности. Закономерности и количественная оценка газообмена болот разного генезиса в разных природных и антропогенно нарушенных условиях остаются слабоизученными, как и соответственно проблематичны прогнозы динамики экосистемных процессов в изменяющемся климате.

В России с ее громадными площадями и разнообразием болот с их низкой удельной изученностью отсутствует специальная государственная система учета – инвентаризация болот. Эта проблема тормозит не только определение сырьевой и биосферной роли наших болот, но и обоснование рационального использования, заповедания и ресторации. В этом отношении заслуживают внимания ряд новых данных, содержащихся в материалах симпозиума.

А.А. Величко с группой соавторов сообщили новые оценки Западно-Сибирского болотного феномена: площади болот, глубины, углеродного пула и возраста торфяных отложений, обобщаемых в ГИС. Если опустить существовавшие ранее в литературе в значительной мере экспертные оценки и ориентироваться на «прозрачные» методики, то оказывается, что площадь западносибирских болот (глубина торфяной залежи более 30 см), выявленная на основе Почвенной карты РСФСР (1988) – 58,3 млн га (С.Э. Вомперский и др., 1994), практически совпадает с новой оценкой – 59,2 млн га (А.А. Величко и др., настоящий симпозиум). Исходя из карты болотных типов, А. Перегон и др. (настоящий симпозиум) приводят оценку в 68,7 млн га. Между тем еще бо́льшая болотная площадь Западной Сибири – 102,3 млн га сообщалась в материалах предыдущего Первого симпозиума (Yefremov, Yefremova, 2001). Сохраняются значительные различия в оценке углеродного пула западносибирских болот, который оказался максимальный – 70 PgC в оценке А.А. Величко и др. (настоящий симпозиум). Конечно, для столь громадной территории, такой, как Западно-Сибирский болотный феномен, достаточно обоснованно установить репрезентативную глубину (запас) торфяных отложений – задача еще более трудная, чем определение их площадей.

В материалах симпозиума преобладают статьи, посвященные западносибирским болотам, что соответствует его названию. Многие публикации отражают комплексные совместные работы, проводимые здесь на одних и тех же объектах российскими (из учреждений Сибири и европейской части страны) и зарубежными учеными. Часть публикаций посвящена болотам других регионов России и болотам Великобритании, Канады, Польши, Голландии, Чехословакии и др. стран. В некоторых из них рассматриваются пока не

развитые у нас направления, связанные с восстановлением болот, искусственным обводнением и изучением его влияния на биоразнообразие (J. Schouwenaars; G.A. van Duinen et al.; I. Buřková et al.; H. Esselink et al.).

В некоторых сообщениях подчеркивается большая чувствительность болотных экосистем субарктики Западной Сибири – в зоне вечной мерзлоты – к потеплению климата, и на симпозиуме приводятся результаты такого рода мониторинга. В частности, С.Н. Кирпотин, Ю.М. Полищук и Н.А. Брыксина зарегистрировали значительную активизацию термокарстовых процессов в районе Нового Уренгоя, выразившуюся в уменьшении площади озер (их спуска, дренажа). Однако осталось неясным, в каких условиях уменьшение площади озер, а в каких увеличение индицируют меру процесса таяния бугристых торфяников. В других – сообщаются новые сведения по теории и особенностям болотообразовательных процессов, механизмам и свойствам болотных экосистем (B. Benschoter, D. Vitt, K. Wieder; R. Bloise, D. Vitt; R. Clymo, C. Bryant; E. Péli et al.).

Важная попытка оценки радиативных следствий глобального потепления климата для газообмена совокупности болот всего Западно-Сибирского региона представлена W. Bleuten и выполнена на основе широких обобщений комплексных исследований в Западной Сибири, в том числе публикуемых в этом сборнике (E.D. Lapshina, I.V. Filippov, W. Bleuten; A.V. Naumov et al.). Используя разные модельные сценарии, W. Bleuten прогнозирует, что потоки связывания атмосферного CO₂ и эмиссии болотами CH₄ в XXI в. будут обуславливать положительную обратную связь климатического потепления, а позже – сильную отрицательную...

Во вступлении к предыдущему симпозиуму (2001 г.) А.А. Титлянова и С.В. Васильев отмечали несогласуемость прямых определений нетто-первичной продукции (NPP) болот с камерными методами определения газообмена или суммарного дыхания. Из таких неполных и разнородных данных нельзя непосредственно замыкать углеродный баланс – определять нетто-экосистемную продукцию (NEP). Актуальность этого вызова сохраняется. Например, в статье Е.М. Волковой и др. (настоящий симпозиум) делается заключение о накоплении углерода карстовыми болотами в лесостепи из сравнения первичной продукции (по укосам наземной части растений и раскопкам корней) с дневным почвенным «дыханием» за теплое время года по дискретным измерениям. Такое заключение совершенно не обосновано. В нашем сообщении на настоящем симпозиуме рассматриваются методологические трудности прямых определений в природе NEP. Полевые определения первичной продукции, камерные определения потоков CO₂, CH₄, N₂O, отягощенные каждый своими неточностями и ограничениями, важны, прежде всего, для понимания механизмов функционирования и сравнительных исследований природы разных экосистем.

Наконец, необходимо отметить важную часть симпозиума, посвященную экологическим следствиям для болот нефте- и газодобычи, технологиям восстановления нефтезагрязненных болот, экономической оценке ресурсов и функций болот, а также охране и заповеданию их. В частности, важные подходы и предложения, внедрение которых окупит техническое использование болот, содержатся в сообщениях К.И. Лопатина с соавторами; Т.И. Бурмистровой с соавторами и В.В. Панова с соавторами.

Публикуемые материалы отражают разную степень качества и объема исследований, уровня знаний и опыта работы авторов. Оргкомитет стремился представить более широкий круг специалистов, связанных с изучением и рациональным использованием болот, хотя некоторые исследования и выводы из них нуждаются в критическом к ним отношении. Никакие правки, кроме стилистических и орфографических, в представленные авторами материалы не вносились.

С.Э. Вомперский

PLENARY SESSION

Пленарные доклады

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

Proceedings of the Second
International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk,
August 24 – September 2, 2007

DO WESTERN SIBERIAN MIRES SEQUESTRATE ATMOSPHERIC CARBON AND FEED BACK CLIMATE WARMING?

W. Bleuten

Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia & Utrecht University, The Netherlands

E-mail: w.bleuten@geo.uu.nl, w_bleuten@mail.ru

This paper is based on results of projects CIRCA and CASUS funded by INTAS in collaboration with Ugra State University (Khanty-Mansiysk), Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB-RAS (Novosibirsk), Tomsk State University, Research Institute of Biology and Biophysics (Tomsk), Ural State University, Laboratory of Global Ecology and Remote Sensing (Ekaterinburg), Laboratory of Evolutionary Geography, RAS (Moscow), Institute of Forestry, Laboratory of Forest Biogeocoenology, SB-RAS (Krasnoyarsk), University of Kuopio, Laboratory of Bioteknia (Kuopio, FI), University of Greifswald, Institute of Botany (Greifswald, GE), Utrecht University, Department of Physical Geography (Utrecht, NL).

Western Siberian plain (57 – 67° N, between Ural Mountains and Yenesei River) comprises the largest wetland complexes of the Northern hemisphere and because, in general, wetlands produce the greenhouse gas methane this area is supposed to form a substantial positive feedback to climate warming. The wetlands of Western Siberian plain include pristine peatlands (mires) and paludified forests spread over 3 Taiga zones and the Forest Tundra. Depending on the definition of peatland estimations the peatland surface area vary from $0.6 \cdot 10^6$ km² (Velichko et al.: this symposium) to 10^6 km² (Yefremov & Yefremova, 2001) of which 15 – 20% is located in areas with (discontinuous) permafrost.

During almost entire Holocene these ecosystems accumulated peat by sequestration of atmospheric carbon, which process should give a negative feedback to climate warming. By decomposition of water saturated peat methane is produced which give a strong positive feedback to climate warming. Moreover, by climate warming frozen peat layers may thaw enhancing methane emissions and by that feedback climate warming positively. Three questions rise: (i) do today western Siberian mires and paludified forests sequester CO₂ and at what rates? (ii) what is the actual methane production and (iii) how should both these processes be influenced by climate warming (e.g. thawing of permafrost).

Based on the inventories of vegetation, hydrology, and trophic conditions made at 9 key sites spread over Western Siberia a mire type classification scheme has been developed (Lapshina et al: this Symposium). In total 10 mire types have been distinguished: 6 types in the Middle/South Taiga Zone and 4 types in the Northern Taiga Zone and Forest Tundra Zone. Typical for W-Siberian mires is that all mires are very wet with average (ground)water tables at less than 0.5 m below the surface of the vegetation. In the FT ex-

tensive flat palså areas are present, where permafrost is at 0.3 to 0.7 m below the surface.

In 6 sites measurements have been performed in main mire types of above and below ground net primary production, plant and peat decompositions rates, moss growth and peat accumulation rates, fluxes of carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄).

From net primary production (NPP) measurements the mire ecosystems roughly render 150 – 500 gCm⁻²yr⁻¹, increasing from a key site in FT zone at 66° N to a key area in the Southern Taiga (ST) at 56° N. Variability between mire types was 10 – 35%, highest in the north. These data indicate that carbon sequestration by plant assimilation is substantial.

The measured CO₂ fluxes (chambers) were much lower than NPP (Naumov, 2004). In general the assimilation and respiration fluxes as well as the methane fluxes increases from Northern to Southern sites. The carbon balances by mire type varied substantially. Calculated carbon budgets, where losses by run off were included, were 30 – 70 gCm⁻²yr⁻¹. These data are in the order of the carbon accumulation in peat-layers as calculated from ¹⁴C dated core samples (Bleuten & Lapshina, 2001). The differences between NPP and carbon balance from gas flux are most probably explained by internal recycling of CO₂ freed by decomposition of dead organic matter and peat. Negative methane fluxes over sphagnum mosses of raised bogs point at uptake of methane.

In order to obtain carbon exchange with atmosphere the relative surface areas of main mire types and lakes (Lapshina et al: this symposium) have been calculated from available satellite images (LANDSAT, RESURS) using ground truth from the mapped key areas. With the resulting GIS-peat map and flux data by mire type the total methane flux from W-Siberian peatland was estimated at: $2 \cdot 10^{12}$ gCH₄ yr⁻¹. From the atmospheric CH₄ concentrations calculated from AIRS/AQUA sensor

satellite for most of the Western Siberian peatland area the summer season flux was estimated at $1,31 \cdot 10^{12}$ gCH₄ (Zakharov et al., 2007) The two different approaches came to comparable CH₄ fluxes, proving the reliability of the calculated flux.

Based on the carbon cycle and peat accumulation data (described above) of the mire types: «ridge», «ryam», «hollow» and «fen» ecosystem of Middle Taiga (MT) and for «palså» and «hollow» in Forest Tundra (FT) a regional model has been developed for prediction of the effects of climate change scenarios taken from the HadCM3 general circulation model simulation (Dyukarev et al, in prep). The regional model calculates net ecosystem production and carbon dioxide emission from air temperature and air concentration of CO₂.

According to simulation results, at global warming, the rates of carbon accumulation in peatlands will rise. It was found, that the strong increase of atmospheric CO₂ concentration results in intensification of peat accumulation rate in comparison with «mild» scenarios B1 and B2. The global warming and raised atmospheric concentration of CO₂ leads to an increase of carbon uptake

rates in FT peatlands. In the MT the carbon uptake intensification will reaches $55 \pm 18\%$, in the forest – tundra $32 \pm 12\%$, depending on the ecosystem and chosen scenario in comparison with the present rates of carbon uptake.

By climate warming a part of the permafrost may disappear (Kirpotin et al., this symposium) resulting in a northbound shift of vegetation-climate zones. Methane fluxes will rise because of decomposition of freshly thawed peat and possibly by additional fluxes from under ice trapped methane. By new settlement of mire vegetations carbon dioxide sequestration rate will rise. Excepting a latitude shift of one zone (NT replaces FT, MT replaces NT, etc.) at a mean temperature change of 2 °C the actual CH₄ flux from W-Siberian peatland of $2,4 \cdot 10^{12}$ gCyr⁻¹ increases with 63% and the net CO₂ (uptake) flux of $-15,6 \cdot 10^{12}$ gCyr⁻¹ with 30%. By dynamic modeling of the radiative forcing of these flux changes a positive feedback on climate change was predicted for the 21st century and thereafter turn into strong negative feedback (Borren & Bleuten).

A HIGH-RESOLUTION GIS-BASED INVENTORY OF THE WEST SIBERIAN PEAT CARBON POOL

**A.A. Velichko¹, Y. Sheng², L.C. Smith², G.M. MacDonald²,
K.V. Kremenetski², K.E. Frey², M. Lee², D.W. Beilman²,
and P. Dubinin³**

¹Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

²Department of Geography, University of California, Los-Angeles, California, USA

³Geoneftegaz Ltd., Moscow, Russia

E-mail: paleo_igran@mail.ru, phone: +7 (495) 238-02-98

The West Siberian Lowland (WSL) contains the world's most extensive peatlands and a substantial fraction of the global terrestrial carbon pool. Despite its recognition as a carbon reservoir of great significance, the extent, thickness, and carbon content of WSL peatlands have not been analyzed in detail. This paper compiles a wide array of data into a geographic information system (GIS) to create a high-resolution, spatially explicit digital inventory of all WSL peatlands and their associated physical properties. Detailed measurements for nearly 10,000 individual peatlands (patches) are based on compilation of previously unpublished Russian field and ancillary map data, satellite imagery, previously published depth measurements, and our own field depth and core measurements taken throughout the region during field campaigns in 1999, 2000 and 2001. At the patch level, carbon

storage is estimated as the product of peatland area, depth, and carbon content. Estimates of peatland area are validated from RESURS-01 satellite images, and the quality of the Russian peatland depth and carbon content data is independently confirmed by laboratory analysis of core samples. Through GIS-based spatial analysis of the peat areal extent, depth, and carbon content data, we conservatively estimate the total area of WSL peatlands at 592,440 km², the total peat mass at 147.82 Pg, and the total carbon pool at 70.21 PgC. Our analysis concludes that WSL peatlands are more extensive and represent a substantially larger carbon pool than previously thought: Previous studies report 9,440 – 273,440 km² less peatland area and 15.11 – 30.19 Pg less carbon than found in this analysis.

О МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНОК СОВРЕМЕННОЙ НЕТТО-ЭКОСИСТЕМНОЙ ПРОДУКЦИИ (NEP) БОЛОТА

С.Э. Вомперский

Институт лесоведения РАН, Москва, Россия

E-mail: root@ilan.msk.ru

Отмечается, что всем имеющимся методам определения нетто-экосистемной продукции (NEP) присущи внутренние недостатки. Прямые в природе определения первичной продукции и камерные методы оценки потоков углерода с многочисленными допущениями дают низкую точность оценки статей углеродного баланса и мало пригодны в определении NEP. Декларируется, что оценки современного NEP за последние 10-30 лет болотных биогеоценозов на основе определения массы поверхностного слоя почвы и его датировки связаны с меньшим количеством измеряемых параметров. Рекомендуется для определения объемной массы торфа пользоваться бурами большого диаметра (20 см) и предлагается усовершенствованной Pine method датировки возраста отложений.

Как известно, величина накопления или потерь органического вещества конкретной болотной экосистемой является главным признаком ее современного функционального состояния. Оно может отражать изменение внешних условий (климата, местного гидрологического режима, техногенных воздействий) или естественного эндогенеза болота.

Определение экосистемных потоков веществ, в частности углерода, является крайне трудным, недостаточно точным, дорогостоящим. К тому же, в большинстве случаев не достигается желательная репрезентативность оценок либо по пространству, либо по времени. Эта проблема с различными методическими подходами ее решения привлекает в последнее десятилетие внимание многих исследователей (Waddington, Roulet, 1996; Alm, Talanov, 1997; Malmer, Wallen, 1999; Turetsky et al., 2000; Trombor et al., 1999; Armeth et al., 2002; Lafluer et al., 2001; Vasiliev et al., 2001; Roulet et al., 2006; Wieder, 2001; Schulze et al., 2002; Вомперский и др., 2005 и др.).

Различные подходы, преследующие в природной обстановке измерить – оценить все составляющие пулы и потоки углерода в экосистеме (замкнуть баланс), обречены пока на низкую точность результатов. В таком подходе складываются многочисленные ошибки натуральных измерений пулов и потоков веществ с допущениями в предполагаемой динамике процессов, прямо не исследуемых, в экстраполяции данных, в принятии видов уравнений связи по косвенным литературным данным, наконец, в экспертных назначениях неизмеряемых звеньев потока вещества, когда в литературе имеются какие-либо его оценки, часто с большим размахом. Внутренние, присущие каждому методу недостатки, весьма разнообразны. Ме-

тоды, использующие прямые определения нетто-первичной продукции (NPP) растительного покрова, несовершенны для того, чтобы обеспечить желаемую точность балансовых расчетов углерода, особенно в измерении текущего прироста и опада корней, корневых выделений, да и продукции надземной части растений. Имеются также сомнения в переносе лабораторных оценок скорости разложения опада растений или в поле по методу «мешочков» на балансовые расчеты (Wieder, Lang, 1982).

Эколого-физиологические (камерные) методы исследования газообмена предполагают перенос темнового дыхания растений на дневное с другими температурами, выбор неодинаковых зависимостей CO_2 -потоков от интенсивности света, от температуры, умножение ошибок при пересчете измеренной интенсивности газообмена за секунды и минуты на сутки, недели и весь вегетационный период. Кроме того, дискуссионно распространение точечных (in situ) определений на всю площадь, как и неясно разделение эмиссии из почвы на автотрофную и гетеротрофную.

Наконец, в балансовых расчетах трудно правильно оценить вынос растворенного органического вещества и седиментов со стоком и эрозией. Вынос растворенного углерода колеблется от менее 1 до $20 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ (Urban et al., 1989; Eckhardt, Moor, 1990).

При всей необходимости детального изучения всех механизмов и звеньев круговорота (потоков) веществ, обоснованности определения ряда параметров и частных эмпирических зависимостей итоговый результат уравнения баланса потоков углерода в столь многоступенчатом расчете не имеет статистической оценки точности и оставляет большие сомнения.

Особое место занимает определение CO_2 -обмена NEE с помощью (Eddy covariance) обору-дования и с одновременным учетом CH_4 -обмена; этот дорогой метод нуждается в сложном инженерном обслуживании и многолетней длительности измерений. Кроме того, для определения NEE необходимо установить вынос из экосистемы растворенного углерода.

Нам представляется, что заслуживает большего внимания путь непосредственного определения «остаточного» члена баланса углерода, устанавливаемого сравнительно меньшим числом видов измерений и соответственно менее отягощенным суммарной погрешностью. Как известно, итоговая оценка прихода – расхода углерода за определенное время отражается в накапливаемой – теряемой болотом массе органического вещества – NEE (Дубах, 1925; Clymo, 1992; Turetsky et al., 2000 и др.). Главной трудностью этого подхода является сложность надежной датировки поверхностного слоя болотной почвы. Очень важно обычно недооцениваемое аккуратное определение по-слойной объемной массы торфа с ненарушенной структурой, а также покрытие варьирования, скорости торфонакопления по элементам нанорельефа поверхности почвы. Имеются попытки датировки молодого торфа с помощью изотопа ^{210}Pb при параллельной датировке неразстворимой в кислоте золы (AIA) (Wieder et al., 1994; Turetsky et al., 2000), однако при глубине от поверхности более 10 см погрешности сильно растут. Продолжаются попытки совершенствования датировок AMS ^{14}C возраста молодых

органических материалов, но их дороговизна ограничивает широкое использование.

Нами разработан метод оценки наросшей за последние 2 – 3 десятилетия массы торфа на основе усовершенствованной техники датировки его возраста по болотной сосне, более надежного определения объемной массы в больших образцах (с использованием буров диаметром 20 см) и с учетом представленности разных по высоте микросайтов поверхности, различающихся скоростью прироста торфа. (Вомперский и др., 2006). При датировках по сосне доказана необходимость измерять глубину корневой шейки в поле при частично разрытом торфе, но без извлечения дерева из почвы. Берется разность отсчетов по нивелиру положения шейки дерева и ее вертикальной проекции на поверхность почвы (часто в стороне от ствола).

Применение этой методики подтвердило ее надежность. На трех болотах Тверской области в разных типах по уменьшению обводненности – грядово-мочажинном, грядово-мочажинном слабооблесенном и сосновом кустарничково-пушицево-сфагновом годичная скорость торфонакопления в последние 3 десятилетия оказалась соответственно равной: 241 ± 22 , 277 ± 33 и $290 \pm 40 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ абсолютно сухой массы (Вомперский и др., 2005).

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования».

ЛИТЕРАТУРА

1. Вомперский С.Э., Ковалев А.Г., Глухова Т.В. и др. Современное торфонакопление и первичная продукция олиготрофных болот и влияние на них гидrolесомелиорации // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами: Сборник статей. – М., 2005. – С. 254 – 265.
2. Вомперский С.Э., Ковалев А.Г., Глухова Т.В. и др. О методике оценки современного прироста торфа болот // Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана: Материалы Междунар. симп. (Петрозаводск, 30.08 – 2.09. 2005). – Петрозаводск, 2006. – С. 48 – 60.
3. Дубах А.Д. Рост мохового покрова и накопление торфа в Горещкой даче // Торф. дело. – 1925. – № 6.
4. Alm J., Talanov A., Saarino S., et al. Reconstruction of the carbon balance for microsites in a boreal oligotrophic pine fen, Finland // Oecologia. – 1997. – V. 110. – P. 423 – 431.
5. Armeth A., Kurbatova J., Kolle O., et al. Comparative ecosystem-atmosphere exchange of energy and mass in European Russian and a central Siberian bog // Tellus, serie B. – 2002. – V. 54. – P. 531 – 536.
6. Clymo R.S. The limits to peat bog growth // Phil. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Society. – 1984. – B.303. – P. 605 – 654.
7. Eckhardt B.W., Moor T.R. Controls on dissolved organic carbon concentrations in streams, southern Quebec. Canad. // J. Fish. Aquat. Sci. – 1990. – V. 47. – P. 1537 – 1544.
8. Lafleur P.M., Roulet N.T., Bubier J.L., et al. Interannual variability in peatland atmosphere carbon dioxide exchange at an ombrotrophic bog // Global Biogeochem. Cycles, 17. No. 2. 1036, doi: 1029/2002. G/b 001983. 2003. – P.5 – 1; 5 – 14.
9. Malmer N., Wallen B. The dynamics of peat accumulation on bogs: mass balance of hummocks and hollows and its variation throughout a millenium // Ecography. – 1999. – V. 22. – P. 736 – 750.
10. Roulet N.T., Lafleur P.M., Richard P.J., et al. Contemporary carbon baklance and late Holocene carbon accumulation in a northern peatlands // Global Change Biology. – 2006. – V. 12. – P. 1 – 15.
11. Schultze E.D., Prokuschkin A., Armeth A., et al. Net ecosystem productivity and peat accumulation in Siberian Aapa mires: a comparison of methods // Tellus, serie B. – 2002. – V. 54. – No. 3.
12. Trumbor S.E., Bubier J.L., Harden J.W., and Crill P.M. Carbon cycling in boreal wetlands: A comparison of three approaches // J. Geophys. Res. – 1999. – P. 673 – 682.

13. *Turetsky M.R., Wieder R.K., Williams C.J., and Vitt D.H.* Organic matter accumulation, peat chemistry and permafrost melting in peatlands of boreal Alberta // *Ecoscience*. – 2000. – V. 7. – P. 379 – 392.
14. *Urban N.R., Eissenreich S.J., and Bayley S.E.* Export of dissolved organic carbon and a iron from peatlands // *Water Resour. Rec.* – 1989. – V. 25. – P. 1619 – 1628.
15. *Vasiliev S.V. and Kosych N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., et al.* Carbon balance in West Siberian mires // *Peatlands and Climate History and Contemporary Dynamic*. – 2001. – P. 143 – 147.
16. *Waddington J.M. and Roulet N.T.* Atmosphere – wetland carbon exchanges: Scale dependency of CO₂ and CH₄ exchange on the developmental topography of a peatland // *Global Biogeochem. Cycles*. – 1996. – V. 10. – No. 2. – P. 233 – 245.
17. *Wieder R.K. and Lang G.E.* A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags // *Ecology*. – 1982. – V. 63. – P. 1636 – 1642.
18. *Wieder R.K. and Yavitt J.B.* Peatlands and global climate change: Insights from comparative studies of sites situated along a latitudinal gradient // *Wetlands*. – 1994. – V. 14. – P. 229 – 238.
19. *Wieder K.R.* Past, present and future peatland carbon balance: an empirical model based on 210 Pb-dated cores // *Acological Applications*. – 2001. – V. 11. – P. 327 – 342.

DIFFUSION AND MASS FLOW OF PEAT GASES (CH₄ AND CO₂) AND DISSOLVED ORGANIC CARBON (DOC) IN A 7-M DEEP RAISED BOG

R.S. Clymo¹ and C.L. Bryant²

¹ School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary, University of London, UK

E-mail: r.clymo@QMUL.ac.uk

² NERC Radiocarbon Laboratory, Scottish Enterprise Technology Park, UK

E-mail: c.bryant@NERCrci.gla.ac.uk

Peatlands cover about 3% of the Earth's land surface and contain nearly as much carbon as the atmosphere. They fix CO₂ by photosynthesis, into plant mass. Newly formed plant mass is gradually buried as more is added above. Some of the buried plant mass is then re-converted to CO₂ by aerobic decay in the surface 2 – 30 cm, and more (at a much slower rate) below the surface layers in anoxic conditions. In these anoxic conditions some plant mass is converted to CH₄ and some to CO₂. A small part decays to DOC. Most remains as peat. On balance peatlands sequester carbon (C) as peat but convert some atmospheric C to CH₄, which is a more potent greenhouse gas. Whether the reduction in 'global warming potential' by sequestration of C outweighs the increase by conversion of CO₂ to CH₄ is uncertain. An open question is how and at what rates peat gases and DOC move out in outflow of bog water or into the air above. The main processes of movement are mass flow (in solution or suspension) and diffusion.

The coefficient of diffusion of common gases in water is about 10⁻⁵ cm²·s⁻¹ which is commonly supposed to be consistent with the belief that diffusion is an effective transport mechanism only at the scale of cell organelles and cells but not at larger

scales. But 10⁻⁵ cm²·s⁻¹ is 316 cm²·yr⁻¹, and peat bogs have thousands of years available.

Fig. 1 shows the calculated profile of concentration of such a gas after various times moving in water (peat) from a single initial injection at 360 cm of a layer of unit concentration. The base at 720 cm is impermeable, while the top surface represents the air. After as little as 100 yr 11% of the gas has escaped to air, and after 1000 yr 73% has escaped. The nearer the injection is to the surface the quicker the escape.

To evaluate the significance of mass flow and diffusion at Ellergower Moss – a small (~600 m across, 720+ cm deep) raised bog in south-west Scotland – we took samples at 50-cm depth intervals to measure the concentration and ¹⁴C proportion (dendro-calibrated to age) of peat, DOC, CH₄, and CO₂. The gases were collected in diffusion samplers left in place for 18 months. The results (Fig. 2: separate symbols – ignore the continuous lines for the moment) were surprisingly consistent. The gas concentration profiles are convex, DOC is concave. The age of DOC is up to ~1000 yr younger than the peat at the same depth. Gas age profiles were convex and ranged from little younger than the peat at the surface to ~5000 yr younger at the base.

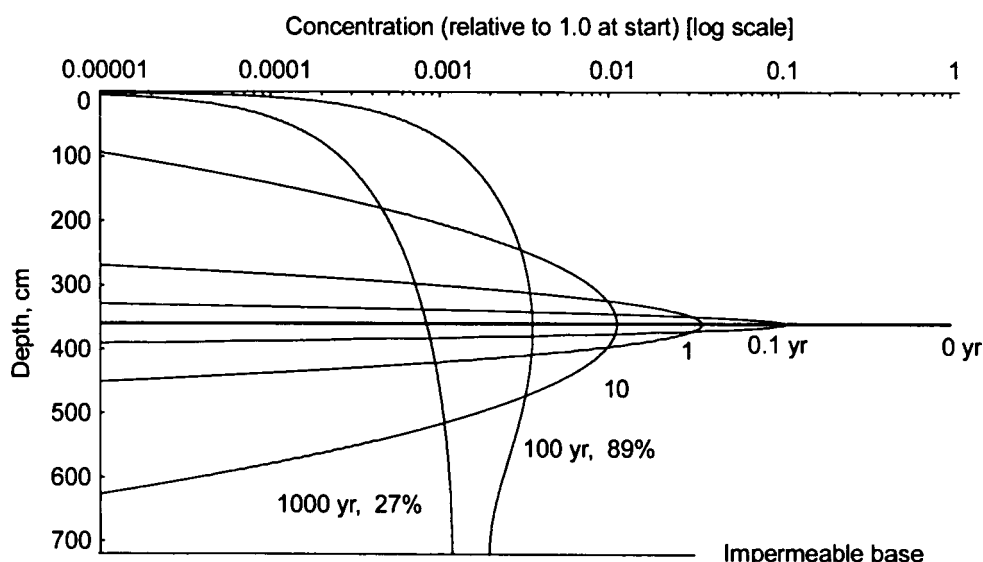


Fig. 1. Concentration profiles after various times for diffusion from 360 cm deep.

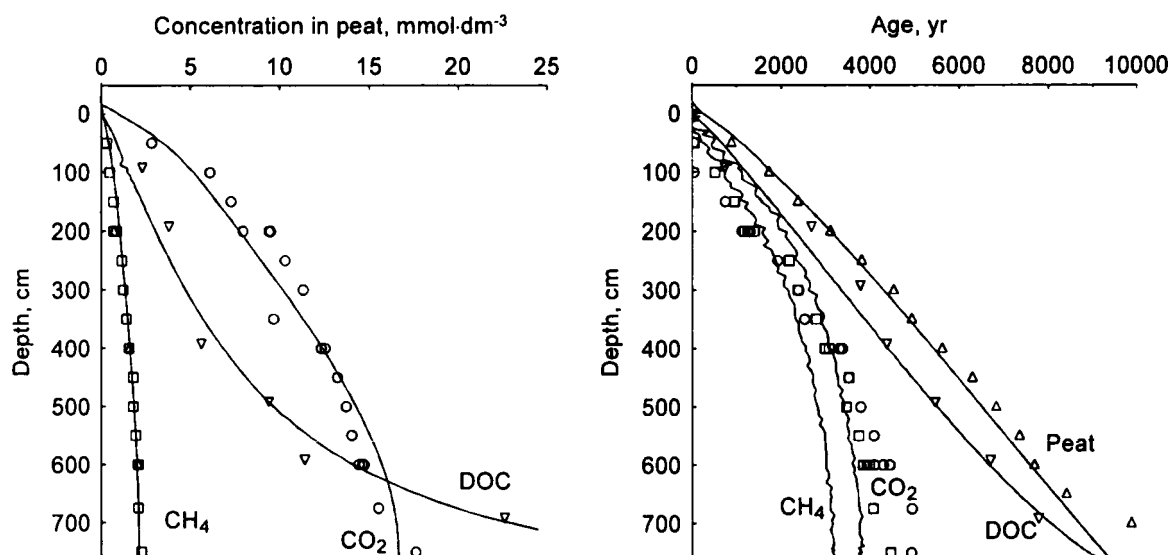


Fig. 2. Concentration and age profiles. Symbols are measured values; lines 'fitted'.

We then made a computer simulation of peat growth and the movement of decay products. In the first slab new plant mass was added, then decay allowed. A second slab was piled on the first, new mass added to it, and decay allowed in both it and the slab below; 600+ slabs were thus piled up, each representing 15 yr growth for a total of 9300+ yr. Parameters for growth and decay of peat were previously fitted to the age profile in a separate minimisation. Decay was distributed among DOC, CH₄, and CO₂ (two parameters). All three components were allowed to move downward by mass flow at a rate according with separate measurements of hydrological conductivity. The gases were also allowed to diffuse both upward and downward. Each molecule could be 'date-stamped' as it formed, so the average age at any depth could be calculated. The DOC profiles of concentration and age were concave (and so were the gas profiles if diffusion was prevented), but gas profiles were always convex. In this simple state the profiles of concentration and age were far from the measured values. But when

the top few surface layers were allowed to simulate the acrotelm with much greater rates of decay the profiles became much closer to the measured ones. Each simulation followed several billion molecules, and took ~40 min, so a formal minimisation of parameter values was impractical. But a crude manual minimisation produced the lines in Fig. 2. Most correspond rather closely with the measured profiles, though the gas lines deviate rather too much from the peat. In the simulation > 99% of the gas molecule movement was by diffusion, and > 99% of the gas produced in decay has effluxed to the air.

Ellergower Moss has formed in a wet, windy, thermally equable climate. It is almost diagrammatically simple: it has unusually uniform *Sphagnum*-dominated peat, a seasonally uniform rate of decay, very small gas bubble concentration, and an unusually low hydraulic conductivity. The same processes of mass flow and diffusion must occur in other bogs but the proportions of mass flow and diffusion probably differ: these results should be used with caution.

CLASSIFICATION OF MIRE LANDSCAPES FOR ESTIMATION OF CARBON CYCLING OF PEATLANDS OF NORTHERN WEST SIBERIA

E.D. Lapshina¹, I.V. Filippov¹, and W. Bleuten²

¹Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

²Utrecht University, Utrecht, The Netherlands

E-mail: e_lapshina@ugrasu.ru

A general classification of boreal and sub-arctic mire types of Western Siberia does not exist today, which hamper the international scientific communication about peatlands of the world. The need for such a classification rises, because peatland mires sequester sustainable substantial amounts of atmospheric carbon and by that form a negative feedback to climate warming. Moreover, different mire types have different sequestration rates. Therefore the surface area by mire type is necessary for evaluation of the impact of West Siberian mires on climate change. This paper discusses a classification scheme to be applied for spatial interpolation of mire type surface areas from key area investigations using satellite images and remote sensing techniques.

Mires of the Middle Taiga (MT) zone and the Forest Tundra (FT) zone have been analyzed in key areas: 2 in FT and 3 in MT. In addition 3 key areas were studied at the boundary of MT and Northern Taiga (NT) zone, in the NT and in the Southern part of the Tundra zone.

In each key area vegetation and hydrological and trophic condition of main mire types has been described and localized (GPS-coordinates). From this inventory 12 mire types have been discerned and mapped manually by interpretation of 250 km²

area subsets of satellite images (LANDSAT 7+) around the key sites.

By the presence of the mire types in the image subsets the Taiga and Tundra zones can be clearly divided into two groups: A northern zone (NT, FT) with frozen palså bogs, khasyrey (open fen-like mires in former lakes) and lakes and a southern zone (MT) with raised bogs, oligotrophic patterned bogs, and oligotrophic and mesotrophic fens. The low hills ridge across Western Siberia («Sibirsky Uvaly» at 63°N) divide these 2 zones.

The surface area covered by the different mire types has been obtained for ¼ parts of each satellite image subset area (ERDAS-imagine 8.3), producing a dataset of 12 small key areas (25 x 25 km) in the southern zone and 8 small key areas in the northern zone. By statistical analyses it appeared that bog patterns are more or less alike within each of both 2 zones. Raised bogs («ryam») cover 63.7% (StD 10.6%) of all analyzed small key areas in the south zone, hollows 25.3% (StD 7.6%), fens 9.7% (StD 5.2%) and lakes 1.3% (StD 0.9%). In the north zone hollows cover 45.1% (StD 2.2%) and palså 54.9% (StD 2.2%).

These results show that a classification scheme for entire zones of Western Siberia is feasible and applicable for interpolation of carbon cycle (NPP, gas fluxes) site data.

MIRES IN RUSSIA UPDATE: STATUS, USE AND CONSERVATION

T.Yu. Minayeva¹ and A.A. Sirin²

¹ Federal Centre of Geoecological Systems, Moscow, Russia

E-mail: tminaeva@ecoinfo.ru

² Institute of Forest Sciences RAS, Moscow, Russia

E-mail: sirin@proc.ru

The latest general data on mire distribution, diversity, use and conservation in Russia are provided. The understanding of mire values, functions and ecosystem services increased last years in society. That demands the development of scientific background for mires wise use and conservation. The information is provided on the developed mechanisms for wise use approach implementation on international, national and local levels.

Mires and paludified lands cover over 20% of Russia's territory. According to data of the Institute for Forest Science, RAS, mires (peat depths over 0.3 m) make up 139 millions hectares, and together with paludified lands (peat depth below 0.3 m) over 369 millions hectares (Vompersky et al., 1999). Permafrost polygonal and palsa mires cover 5.3 and 14.6%, oligotrophic, mesotrophic and eutrophic mires spread over 18.8, 30.3 and 18.3%, and ridge-and-hollow and ridge-and-pool complexes occupy 7.2 and 5.8% of the total mire area of the country (Vompersky et al. 2005).

Mires are affected by the wide range of direct uses and indirect threats from human activities. In time, tendencies in mire use are connected to social development. Active mire use is usually followed by increase of scientific knowledge on mires and peat (Sirin and Minayeva, 2003). Periods of intensive peat cut and drainage for forestry and agriculture cause overexploitation in some regions especially those poor in mires. The total area of peatlands in Russia affected by peat cutting is estimated from 0.85 to 1.5 million hectares. But the total area of mined-out peatlands in 2000 was a little over 240 thousand hectares. The rest area was recultivated and transferred to other land categories (Peatlands of Russia..., 2001). Economic changes during the 1990s cause the depression of peat industry, and large areas of partly worked-out and non-recultivated peatlands were left abandoned. In recent years, however, the peat extraction has begun to increase again. In addition to the constant interest in peat as a fertilizer and raw material for further processing, there is a rapidly growing demand for fuel peat, primarily for local needs.

Large-scale mire drainage for agriculture began in the 1880s–1890s. Drained peatlands were used as hayfields, pastures, and arable lands. In the 1970s, drained or excavated peatlands were often used for small private garden plots, especially in highly populated regions. By the end of 1960s, the

area of mires in Russia that were drained for agriculture measured 1.6 million hectares, although it reached 5.1 million hectares by 1990 (Peatlands of Russia..., 2001). Currently, many of them are inefficiently used or abandoned, and the drained peat bed undergoes mineralization and combusts sporadically.

Forest drainage work was at its peak in Russia during the period from 1960 to 1980s. The area of drained forests exceeded 4 million hectares mainly by northwestern, western, and central European Russia. The specially organized ameliorative enterprises were economically interested in increasing work loads and decreasing transportation expenses, which did not promote selective drainage and resulted in its concentrations in distinct areas. Even being economically ineffective in many cases, forest drainage helped to improve the forest management of the territories including forest road construction. The latest inventory (1999–2000) registered only about 3 million hectares of drained forests in the European part of Russia. Many drained forest areas have undergone secondary paludification and need reconstruction of the ditches. Some drained forests especially with spruce cover are coming to rotation period and need urgent forest-management measures.

In highly paludified regions, most human impacts on mires are connected with indirect use. The main is construction of transportation and other industrial infrastructure. In Russia, it is difficult (and in many regions impossible) to find a road that does not cross a mire. Standards imply building spillway facilities, but they do not support the natural flow of mire water, and an artificial concentration of it in the upper water by digging drains usually does not meet with the approval of engineering and environmental agencies. As a result, stretches of flooded and disturbed mires can be seen along most roads in Russia's forest zone. Similar impacts are caused by oil and gas pipelines that are laid not only in fossil fuel producing,

but in other regions of the country. Additionally oil and gas industry could cause diffusion and impact pollution and contamination of mires. Like many European countries, Russia is starting to build up mires for national and municipal needs. These lands are often owned by the state and are therefore easier to alienate.

The conservation of mires and peatlands in Russia is still not sufficiently integrated into territorial planning concepts. The mires can be found within special protected nature areas (SPNA) and Ramsar sites, but very few of SPNA were established exclusively to protect mires. More often mires are protected in higher paludified regions, where people are better acquainted with the mires. In southern regions, where mires are rare, they are less protected and human activity could cause them to disappear (Minayeva and Sirin, 2000). In European Russia alone, zapovedniks and national parks include approximately 700 thousand hectares of mires, while federal SPNA in Siberia comprise as much as 3.5 million hectares of mires. A certain portion of mires and waterlogged lands is protected within SPNA's of local importance: na-

ture parks, zakazniks, and nature monuments. There is no special SPNA category for mire protection at the federal level, but in the 1980s, the administrations of some regions in European Russia introduced the «protected natural mire» SPNA type in order to implement sectoral resource conservation programs. Protected nature areas can not preserve all mires and support their functions (Minayeva, 2004), so wise use of mires should be the main strategy to protect them in Russia. The sectoral legislation gives opportunity for mires wise use as valuable forests, water objects etc., but with traditional sectoral economic and scientific attitudes regarding mires, Russia needs an integrated approach for mire conservation and wise use. An important step towards in this direction was made through the adoption of the inter-sectoral framework document, «Action Plan for Peatland Conservation and Wise Use in Russia.» (2003). Wise use principles regarding mires and peatlands are promoted by mechanisms of international conventions and implemented on national level (The mire ecosystems..., 2004).

REFERENCES

1. *Action Plan for Peatland Conservation and Use in Russia* (2003) // Wetlands International Russia Programme. – Moscow, 2003. – 20 p.
2. Minayeva T. & Sirin A. Peatland conservation in Russia: experience and perspectives // *Sustaining our peatlands: Proceedings of the 11th International Peat Congress*. – Edmonton, Alberta, Canada, 2000. – V. 1. – P. 231 – 236.
3. Minayeva T. Conserving peatlands by spatial land use planning: the methodology for future // *Wise use of peatlands: Proceedings of the 12th International Peat Congress*. – 2004. – V. 1. – P. 57 – 61.
4. Minayeva T., Sirin A. Use and Conservation of Mires in Russia // *Mires – from Siberia to Tierra del Fuego*. Denisia 16, zugleich Kataloge der OÖ. Landesmuseen Neue Serie 2. – 2005. – P. 275 – 292.
5. *Peatlands of Russia: towards the analysis of sectoral information* / A. Sirin & T. Minayeva (Eds.). — Moscow: GEOS Publ., 2001. – 190 p. (In Russian).
6. Sirin A. & Minayeva T. The role of C.A. Weber in the development of Russian mire science // C.A. Weber and the raised bog of Augstumal – with a translation of the 1902 monograph by Weber on the «Vegetation and development of the raised bog of Augstumal in the Memel Delta» / J. Couwenberg & H. Joosten (Eds.). – Tula: Grif, 2002. – P. 22 – 29.
7. *The mire ecosystems*, Chapter 7. // *The biodiversity status of natural ecosystems in Russia. The review* / Eds. V.A. Orlov, A.A. Tishkov. – Moscow: NIA-PRIRODA, 2004. – P. 103 – 113. – <http://www.biodat.ru/doc/biodiv/> (in Russian).
8. Vompersky S.E., Tsyganova O.P., Kovalyov A.G., et al. (1999) The paludification rate of the territory of Russia as factor of atmospheric carbon fixation // *Selected scientific transactions on the problem: «Global Biosphere Evolution. The Anthropogenic Input»*. The Scientific Council «Global Changes in Environment and Climate». – P. 124 – 144 (In Russian). Vompersky S.E., Sirin A.A., Tsyganova O.P., et al. Peatlands and Paludified Lands of Russia: Attempt of Analyses of Spatial Distribution and Diversity // *Izvestia RAS, ser. Geography*. – 2005. – No. 5. – P. 39 – 50 (In Russian).
9. *Wetland Conservation in the Russian Federation* // the leaflet. FCGS «Ecologia». Ministry of Nature Resources of the Russian Federation. – Moscow: Print and Life, 2005.

Section 1

Genesis and Paleoecology of Northern Bogs

Генезис и палеоэкология болот северных регионов

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

Proceedings of the Second
International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk,
August 24 – September 2, 2007

ГОЛОЦЕНОВАЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ БОЛОТ НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Т.Г. Антипина, Н.К. Панова

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: natapanova@mail.ru

Исследовались отложения мерзлых торфяников, вскрытых естественными обнажениями в берегах рек и озер в зоне лесотундры и северной тайги восточного склона Полярного и Приполярного Урала, методами палинологического, ботанического и радиоуглеродного анализов. В результате установлены основные этапы динамики растительности, экологических условий и процесса торфообразования в голоцене от предбореального до начала суббореального периодов. В атлантическом периоде на всей территории произрастали таежные леса с преобладанием ели. Интенсивное торфонакопление происходило от 9000 до 4000 лет назад.

С целью изучения динамики растительности, природных условий и процесса болотообразования в голоцене в числе других исследовались отложения торфяников Уральской субарктики. Район исследований расположен на восточном склоне Полярного и Приполярного Урала, в зоне лесотундры и северной тайги. Современная растительность представлена на Полярном Урале березово-елово-лиственничными редколесьями, на Приполярном – темнохвойными кедрово-еловыми лесами с примесью лиственницы, березы, в предгорьях – сосны. Торфяники мерзлые, вскрытые естественными обнажениями в берегах рек, озер и озерков. Глубина отложений не превышает 2,5 м. Основные методы исследования – палинологический, ботанический и радиоуглеродный анализы. По результатам анализов выделяются следующие смены растительности и экологических условий.

В предбореальном периоде (более 9 тысяч лет назад) преобладала травяно-кустарниковая растительность: карликовые березки, ивы, злаки, осоки, полыни, маревые, разнотравье, споровые растения (мхи, хвощи) в сочетании с редколесьями из березы и лиственницы, а на Приполярном Урале – с примесью ели. Климатические условия – холодные и относительно сухие.

В начале бореального периода (около 9 000 лет назад) произошло резкое потепление. На-

чалась деградация многолетней мерзлоты, что обусловило образование застойного переувлажнения пониженных участков, последующее зарастание их водными и водно-болотными растениями (рогоз, частуха, вахта, осоки и др.) и начало процесса торфообразования. На суходолах сформировались редкостойные леса паркового типа: лиственнично-березовые на Полярном Урале и лиственнично-еловые – на Приполярном.

Атлантический период (8 – 5 000 лет назад) отличался наиболее теплыми климатическими условиями, оптимальными для произрастания мезофильной флоры. В это время ель распространилась на Полярный Урал, образовав там таежные еловые леса с примесью березы и лиственницы. На Приполярном Урале произрастали хвойные леса также с преобладанием ели, но с участием сосны и сибирского кедра. В этот период происходило наибольшее торфонакопление: сфагновые и осоково-сфагновые торфа.

Похолодание в суббореальном периоде (около 3700 – 3900 лет назад) привело к изреживанию древостоев, отступлению ели, прекращению торфообразования и последующему промерзанию торфяников. На Полярном Урале таежные леса сменились лесотундрой, в лесах Приполярного Урала увеличилось распространение сосны и сибирского кедра.

FIRE ECOLOGY OF BOREAL, WESTERN CANADIAN BOGS

B.W. Benscoter^{1,2}, D.H. Vitt¹, and R.K. Wieder³

¹Department of Plant Biology, Southern Illinois University, USA

²Department of Plant Biology, Michigan State University, USA

³Department of Biology, Villanova University, USA

E-mail: bbensc01@siu.edu

Fire impacts 1850 km² of western Canadian peatland annually, altering the structure of the ground layer and indirectly affecting carbon storage. The extent and severity of wildfires varies spatially and temporally, creating a mosaic pattern of post-fire recovery on the peatland landscape and within peatland complexes. Due to their relatively dryer conditions and denser tree canopy compared to fens, bogs are particularly susceptible to combustion. During fire, heterogeneous combustion of vegetation occurs within the bog ranging from consumption of several centimeters of peat to completely unburned patches, creating a range of post-fire edaphic conditions.

Fire has both direct and indirect impacts on bog carbon cycling. Carbon is lost directly through combustion of peat and indirectly due to removal of living vegetation and therefore stoppage of primary production. Peat accumulation is the net result of disproportionate rates of production and decomposition, both of which are species-specific. As the plant community changes during post-fire succession, peat accumulation also changes through autogenic control. Therefore, the trajectory of ground layer recovery is directly correlated with bog functional recovery and carbon storage.

Through experimental manipulation of the ground layer in a burned bog, we determined soil moisture and not diaspore availability to be the factor controlling recolonization post-fire, with *Polytrichum strictum* and *Aulacomnium palustre* colonizing initially and facilitating *Sphagnum* es-

tablishment. To determine the post-fire peatland vegetation recovery and carbon storage trajectory, assessments of current ground layer plant composition, tree canopy structure, and carbon storage (production, decomposition, surface CO₂ flux) were made along a chronosequence of 13 historically burned bogs, ranging from 1 – 105 years since fire. Bogs are triphasic post-fire, shifting dominance from true mosses to *Sphagnum* mosses, followed by feathermoss encroachment with time since fire. Bogs show greater compositional differences among early successional sites (1 – 11 ysf) than among more mature bogs (>21 ysf), indicating rapid changes in the composition of the ground layer with greater compositional stability over time. Black spruce (*Picea mariana*) density and canopy closure increased over time as well. A similar relationship for surface carbon storage was also observed, showing an asymptotic recovery trajectory with large interannual changes in production rates for 1 – 20 years post-fire and relative constancy once *Sphagnum* mosses become dominant.

A simple model based on the projected recovery trajectory indicates that while bogs may recommence peat accumulation relatively quickly post-fire, a substantially greater period may be required to compensate for cumulative post-fire carbon losses, affecting their carbon sink capacity. Increases in fire severity, frequency, and extent with global warming could extend bog functional recovery times, further compromising peatland carbon storage.

INITIATION AND EARLY DEVELOPMENT OF BOREAL WETLANDS

R.E. Bloise and D.H. Vitt

Southern Illinois University Carbondale, USA

E-mail: roseb@siu.edu

Thirty-two boreal wetland sites in northeastern Alberta, Canada, were sampled in order to assess the mechanisms of initiation and early development for different boreal wetland types. From each site, a 50 cm soil core was taken at the peat/mineral soil interface. Each core was separated at the peat/mineral interface, and both the peat half and the mineral soil half were sliced contiguously into 1 cm samples. The peat soil samples were analyzed for: pH, reduced electrical conductivity, bulk density, ash-free bulk density, percent organic matter, water content, and macrofossil content. The mineral soil samples were analyzed for: pH, reduced electrical conductivity, base cation concentration (Na, Mg, Ca, K), bulk density, percent

organic matter, water content, and soil texture type.

Peat soil results found significant variation by site type for all variables. Significant variation by depth was found for all variable, excluding pH and electrical conductivity. No significant interactions were found for site type/depth.

Macrofossil analysis shows 78% of the sites experience fire at initiation. Site types initiate in similar ways. By 15 cm up the peat column, peat-forming wetlands are distinct from marsh wetlands. Peat-forming wetlands differentiate early in development. Non-peat-forming wetlands do not seem to develop into peat-forming wetlands in northeastern Alberta, and paludification is the dominant initiation method.

УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ БОЛОТ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ (ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

О.К. Борисова, Э.М. Зеликсон, Е.Ю. Новенко

Институт географии РАН, Москва, Россия
E-mail: paleo@online.ru; +7 (495) 238 0298

В Западной Сибири отчетливо проявились климатические колебания второго порядка, сопровождавшие переход от ледниковой эпохи к голоцену. Результаты палинологических исследований и радиоуглеродного датирования торфяников и подстилающих их озерных отложений позволяют уверенно сопоставить эти климатические колебания с событиями позднеледниковья, реконструированными для территории Европы: потеплением аллерёд и похолоданием поздний дриас. На юге Западно-Сибирской равнины растительность в аллерёде имела комплексный характер: массивы лиственничных лесов с примесью березы и ели на более влажных почвах сочетались с участками сухих степей с господством полыней, злаков и маревых. По сравнению с аллерёдом, при похолодании в позднем дриасе роль лиственничных и еловых лесов в растительном покрове сокращалась. Господство резко континентального холодного и относительно сухого климата в позднеледниковье препятствовало развитию процессов заболачивания в Западной Сибири в этот период.

Начало потепления в раннем голоцене при сохранении довольно высокой континентальности климата привело к быстрому распространению лесных формаций: мелколиственных и сосново-лиственничных, а позднее – еловых лесов. Торфообразование на юге Западной Сибири началось уже в пребореале, сначала за счет

зарастания водоемов, а позднее в результате заболачивания. В условиях достаточно теплого и влажного климата в бореале процесс распространения болот охватил большую часть Западно-Сибирской равнины, при наибольших скоростях накопления торфа. Некоторое замедление в расширении болот и накоплении торфа в атлантический период голоцена можно объяснить сокращением увлажнения за счет роста испаряемости при дальнейшем потеплении, о котором свидетельствует как распространение наиболее теплолюбивых лесных ассоциаций в таежной зоне Западной Сибири, так и значительное продвижение границы леса к северу. По палинологическим данным наибольшее потепление в регионе произошло 6,5 – 5,0 тыс. лет назад.

Рост увлажнения, вызванный похолоданием в конце атлантика и в суббореале, дал новый импульс распространению процессов заболачивания на юге Западно-Сибирской равнины. Это похолодание привело к сокращению роли теплолюбивых пород в составе лесов и к сдвигу северной границы леса на юг. Образование верховых торфяников в южной подзоне тайги, в подтаежных лесах и в лесостепи показывает, что развитие похолодания и увеличение влажности продолжались в Западной Сибири и в субатлантическое время.

БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Г. Быкова

Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск, Россия

Каждое болото уникально и их классификация отражает позиции той науки, которая их изучает. Ботаники разделяют их по растительности, почвоведы и торфоведаы – по составу торфа, геологи и географы – по рельефу и геологическому строению ложа, гидрологи – по характеру болотных вод. Экологи же рассматривают систему «природа – население – производство» по комплексу признаков болот, но, к сожалению, данная классификация не разработана, так как задача очень сложная и до сих пор не решенная.

Болота – это экосистемы, для которых характерно застойное или слабопроточное увлажнение, определяющее специфический характер растительности и особый болотный тип почвообразования, выражающийся в накоплении торфа. Болота возникают двумя путями: из-за заболачивания почвы или из-за зарастания водоёмов. Основное условие для их образования – постоянная избыточная влажность (зависит от особенностей рельефа, свойств почв и климата) и её качество. Последнее, зависящее от состава и количества содержащихся в ней минеральных веществ, особенно кальция, определяет кислотность среды, возможность развития и деятельности почвенных животных и микроорганизмов.

Растительность болот разнообразна по жизненным формам и флористическому составу и является внезональной, так как возникает в соответствующих условиях в разных природных зонах.

В настоящее время все болота делятся на три большие группы:

- низинные – болота, увлажняемые грунтовыми водами, имеют плоскую поверхность, формируются при зарастании водоемов, располагаются как на междуречьях, так и в долинах рек, на поймах или террасах. Характерная растительность – ольха, береза, осока, тростник, рогуз;

- переходные – преимущественно сосна, сфагновые мхи;

- верховые – болота с бедным минеральным питанием, формируются в условиях застаивания поверхностных вод на плоских понижениях водоразделов. Они не связаны с грунтовыми водами и существуют за счет поступления влаги из атмосферных осадков. Характерная растительность – лиственница, багульник, клюква, пушица. В свою очередь они делятся на два ти-

па: лесные – покрыты низкой сосной, вересковыми кустарниками, сфагнумом; грядово-мочажинные – покрыты торфяными кочками, и деревья на них практически не встречаются.

Так, на территории России болота распространены на севере Европейской части, в Западной Сибири, на Камчатке.

Рассмотрим Западную Сибирь (Западно-Сибирскую равнину), на огромных просторах которой расположены крупнейшие в мире болота. Средняя заболоченность равнины около 30%, в лесоболотной зоне около 50%, а в отдельных районах (Сургутское Полесье, Васюганье) достигает 70 – 80%. Крупнейшим в мире является Васюганское болото общей площадью 53 тыс. км².

Общая площадь торфяных болот в Западной Сибири 400 тыс. км², а с учетом всех других типов заболоченности – от 780 тыс. до 1 млн км². Известно, что в торфе болот содержится 94% воды. Следовательно, вся масса торфа Западной Сибири содержит не менее 1000 км³ воды. Это равно 2,5-летнему стоку Оби.

Однообразие рельефа Западной Сибири и значительная протяженность территории от побережья Северного Ледовитого океана в глубь материка создает идеальные условия для проявления широтной зональности и постепенных переходов в виде подзон. Зональность представлена четкой сменой зон и подзон в направлении с севера на юг. В пределах равнины располагаются зоны с характерными для них почвами и растительностью:

- тундровая – по особенностям природы зона тундр подразделяется на три подзоны: 1 – арктических тундр, отличается особенно суровыми условиями, растения имеют высоту всего 3 – 5 см; 2 – типичных тундр – представлена мохово-лишайниковыми тундрами и высота кустарников достигает 30 – 50 см, а из травянистых растений наиболее типична пушица; 3 – кустарниковых тундр. В оптимальных условиях существования кустарники достигают здесь высоты 0,5 – 1,5 м. На юге подзоны на склонах долин встречается стелющаяся форма лиственницы сибирской (высота выше 1,5 – 2,0 м). Во всех подзонах тундр зональные природные комплексы дренированных участков сочетаются с минеральными гипновыми болотами и термокарстовыми озерами.

- лесотундровая – отличается большой заболоченностью и развитием крупных бугристых торфяников.

- лесная (лесоболотная) – самая обширная из природных зон Западной Сибири, особенно-стью которой является почти равное соотношение лесов на подзолистых и подзолисто-глеевых почвах и сфагновых болот на торфяно-болотных почвах и торфах, из-за чего она и получила название лесоболотной, а не лесной. Здесь находятся огромные площади таких водонасыщенных болот, как грядово-мочажинные (являются преобладающими), грядово-озерковые и топяные.

- лесостепная – подразделяется на две подзоны: 1 – северную, более залесенную и заболоченную. Безлесные пространства заняты остепненными лугами на выщелоченных и оподзоленных черноземах; 2 – южную, более засоленную. В ее растительном покрове преобладают луговые степи. Лесистость незначительна. Для лесостепной зоны характерно сложное сочетание осиново-березовых перелесков – колков – и степных, ныне распаханых участков с осоково-кочкарными болотами и солончаковыми лугами. Особенностью является сильная засоленность, широкое развитие болот и множество озер. Лесостепь является самой освоенной и заселенной зоной Западной Сибири.

- степная – своеобразие зоны заключается в большой заозеренности, меньшем количестве осадков, более холодной и малоснежной зиме. Следствием этого является отсутствие байрачных лесов, однообразие растительного покрова с преобладанием сибирских видов, меньшая мощность почв и более высокое содержание в них гумуса (преобладают обыкновенные и южные черноземы и темно-каштановые почвы).

Зональные типы почв – тундрово-глеевые, подзолистые, дерново-подзолистые, черноземы и темно-каштановые – приурочены к относительно дренированным территориям. В Западной Сибири не только в тундре и лесотундре, но и в лесоболотной и лесостепной зонах большие площади (около 1/3) занимают полугидроморфные почвы. Они формируются в ус-

ловиях близкого залегания грунтовых вод и периодического переувлажнения всего почвенного профиля или его нижней части, что вызывает развитие процессов оглеения. Такими почвами являются глеево-подзолистые и болотно-подзолистые, развитые под хвойными лесами, а также лугово-черноземные почвы, широко распространенные в лесостепной зоне. Дерново-подзолистые почвы Западной Сибири отличаются от своих европейских аналогов также наличием признаков оглеения, а черноземы и темно-каштановые почвы – солонцеватостью.

Переувлажненные территории заняты гидроморфными почвами, среди которых в северной части Западно-Сибирской равнины господствуют торфянисто-болотные и торфяно-болотные, а в южной части наряду с ними обычны солонцы, солоды, встречаются также солончаки.

Большие площади в Западной Сибири занимает пойменная растительность, представленная преимущественно лугами и в меньшей мере кустарниками. Широколиственных пород практически нет. Смешанные леса здесь представлены сосново-березовыми.

В связи с широким развитием гидроморфизма в распределении почв и растительности в Западной Сибири большую роль играют характер и густота расчленения территории, определяющие степень ее дренированности. Для каждой зоны типично сочетание зональных почв и растительности, присущих дренированным участкам, с определенными типами гидроморфных комплексов.

Изучение болотных экосистем позволяет систематизировать представления об этих объектах, установить их индивидуальные особенности и хозяйственное значение, а также определить оптимальный способ их использования (торф – это и топливо, и продукция для сельского хозяйства, в металлургии используется в качестве кокса, а в строительстве – легкого заполнителя и теплоизолятора и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
2. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. – Новосибирск: Наука, 1998. – 136 с.
3. Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России. – М., 2001. – Ч. 2.

THE HOLOCENE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE ZABIENIEC PEATLAND NEAR LODZ (CENTRAL POLAND) INCLUDING THE ANTHROPOGENIC IMPACT

**S. Ĺurek¹, Z. Balwierz², J. Forysiak², P. Kittel², M. Kloss³,
M. Lamentowicz⁴, D. Pawiowski⁴, and J. Twardy²**

¹ Ĺwixtokrzyska Akademy, Institute of Geography, Poland
E-mail: jacekteofil@tlen.pl

² University of Jydu, Faculty of Geographical Sciences, Poland
E-mail: jacekfor@geo.uni.lodz.pl

³ Centre for Ecological Research of Polish Academy of Sciences, Poland
E-mail: m.kloss@wp.pl

⁴ Adam Mickiewicz University, Faculty of Geographical and Geological Sciences, Poland
E-mail: mariuszl@amu.edu.pl, dominikp@amu.edu.pl

Zabieniec peatland is situated near Lodz (25 km in east) in the area of Wzniesienia Jydzkie Landscape Park (Kurowski, 1998). Peatland is located in morainic upland in watershed area with Mrozyca River to the west and Mroga River to the east. The peatland basin, with the area of over 2 hectares (4.9 acres), is situated in the central part of the oval basin (without flow) 1.5 km (0.9 mi) long depression, which was formed during the ice melting of the Wartian Glacier as meltout depression with a highly varied bottom configuration. Peats and lake sediments were deposited within this area probably from the end of the Warta Glaciation until the Upper Plenivistulian. Biogenic deposits of the Late Vistulian and Holocene were formed only in the deepest part of the depression, i.e. Zabieniec peatland basin.

The peatland under examination is currently located in a farming landscape. Archaeological excavations indicate it was a very sparsely populated area during the prehistoric times. Only one settlement was discovered immediately south of the peatland. It was interpreted as a settlement of the Bronze Age people. There are also two other sites with single fragments of ceramic pottery dating from the late Middle Ages or the early Modern Times. The upland surrounding the peatland was first inhabited probably as late as in the Modern Times, which provides a good opportunity to observe palaeoecological developments in natural settings undisturbed by human activity. The peatland surface was partly transformed during a peat excavation in the 19th and 20th centuries. The contemporary flora and vegetation of the Zabieniec Peatland became the object of scientific investigation several years ago (CieŃlak, 2000). The peat-

land sediments have been studied for the past few years. An initial study has revealed a series of biogenic sediments with a thickness of about 12 metres, which is unprecedented in the oldglacial zone in Poland. The palynological study made it possible to determine that the bulk of the filling is made up of the Holocene peat and gyttia (Balwierz et al., 2002). The current research is financed by Poland's Ministry of Science and Higher Education.

The current research activities are focusing on the analysis of one core of sediments (Z-2). Base-ment sediment of biogenic complex is sand. From 16.10 to 12.40 m is mineral and organic silt, above is clayey gyttia. From 10.75 to 8.30 m the basin is filled with lightbrown detrital – clay plastic gyttia. n the layer between 8.30 and 6.05 m, fine detrital brown gyttja was accumulated. Gyttja is elastic and the content of mineral components, without calcium, varies between 8.9 and 5.4%. From 6.05 to 5.2 m in the profile two layers of brown moss peat were identified, which are separated by coarse detrital gyttia. At the 5.20 – 3.80 m level, brown coarse detrital gyttia has been identified. Peat sediments are found at 3.80 metres and upwards. The age of the bottom of the peat has been dated as the middle of the Subboreal period (3690±BP). In the 3.80 – 3.60 m layer, these are peats consisting of brown moss. The higher layer of up to 3.2 m contains sedge –moss peats. Still higher, one finds peats of transition bog peat (between 3.20 and 1.20 m). Initially, these are bog-moss peat and then (at 2.15 – 1.20 m), sedge-moss- bog peat. In the transitional peats, at the 1.20 – 0.65 m level, *Sphagnetum magellanici typicum* var. *z Scheuchzeria palustris* started to grow. The beginning of bog

peat sedimentation was set at about 1400 years ago. At 0.65 – 0.38 m, one can observe a gradual eutrophosation. Apart from the bog peat components, sedges became more prominent and the *Carex elata*, typical for fen peats, appeared, too. Only at 0.38 – 0.15 m, there is a clear drop in the presence of bog peat species, while there is an increase in the frequency of species contributing to the moss fen peat. In the top layer (up to 0.15 m), habitat was again impoverished in respect of the nutrients, which is evidenced by another rise of sphagnum in associations. At the same time, a thin layer of weak (5%) sedge-moss-bog peat was formed.

The pollen analysis was employed to carry out an initial study of a fragment of a core (?) from 0 to 7.25 m. Four local levels of pollen communities (LPAZ) were distinguished: *Corylus-Alnus* (7.25 – 4.55 m), *Quercus-Alnus-Corylus* (4.55 – 3.25 m), *Carpinus-Fagus-Abies* (3.25–0.45 m), *Cerealia-Poaceae* (0.45 – 0 m). *Corylus-Alnus* LPAZ was correlated with the Atlantic period, while *Quercus-Alnus-Corylus* and *Carpinus-Fagus-Abies* were correlated with the Subboreal period, and *Cerealia-Poaceae* with the Subatlantic period. The first piece of human activity in the form of *Plantago lanceolata* and *Rumex acetosella* pollen seed (found at 6.95 m and associated with cattle grazing), can be found in the lower part of the pollen level *Corylus-Alnus*. The presence of these seeds does not entail other changes in the plant cover. It is then possible that they come from distant transportation. In the top of the pollen level *Quercus-Alnus-Corylus* (above sample from 3.75 m, which was dated 3690±50 BP to be found again pollen seeds *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosella* and first pollen seeds of cereals, also *Polygonum lapathifolium*. There are traces of crops and grazing. In this episode in forest community hanzel and oak share decreased, while pine share increased. Single pollen seed plants connected with human activity were observed in all pollen level *Carpinus-Fagus-Abies*, but changes in plant cover were very small in this period. Violent changes in natural plant community, caused by human activity, can be found at 0.45 m (*Cerealia-Poaceae*). The share of pollen seeds of cereals, weeds and meadow plants

increased. In this period considerable deforestation occurred accompanied by the appearance of farming land.

The testate amoebae record covers the period of the last 1400 years of the peatland development. First shells occurred on the boundary between bog and transition bog peat sediments (130 cm). A very significant change in species composition was recorded at the depth of 45 cm. Species characteristic of mineral soil and generally dry conditions – *Centropyxis aerophila* began to dominate. The mineral character of the peat was confirmed by a loss in the ignition analysis. Such change is due to the nature of sediment deposition and it was probably caused by deforestation of peatland catchment.

The Cladocera communities (from 3.8 to 0.3 m) recorded at the site as well as the characteristics of their developmental phases reflect the final stage in the history of the reservoir. The conditions were conducive to the development of the Cladocera fauna, particularly those living among other plants. The trophy increase was a one-off occurrence in the reservoir and may have been influenced by human activity.

In the ĭabieniec peatland surroundings, the archaeological research has been undertaken. So far, only two points have been documented with 6 and 2 fragments of pottery dated late Middle Ages or Modern Period. Within 350 m of ĭabieniec, the archaeological site Syberia Dolna, was registered as site one during the surface survey. At this site, only three fragments of pottery dated from the Bronze Age were found. In the ĭabieniec vicinity the geochemistry survey has been undertaken as well. By means of a field method of estimating phosphorus (P) quantity in the ground, we have registered a few areas with an increased quantity of phosphorus, probably due to anthropogenic influence. The archaeological survey documents some very rare evidence of human activity in Prehistoric and Early Historic Periods.

The results of the palaeoecological studies obtained so far, show the mire evolution as having been almost undisturbed by human activity. Only the top of peat (at 0.5 m down from the surface) sedented in anthropogenic conditions.

REFERENCES

1. Balwierz Z., Forysiak J., Twardy J. Cechy mineralnej i organicznej sedymentacji w zagłbieniach bezodpływowych w Polsce łrodkowej w łwietle wstepnych wynikow badac torfowiska ĭabieniec» kolo Jodzĭ // Materiaiy Konferencji „Rołlinnoł a procesy erozji, transporu i depozycji» 21 – 22.03.2002, Uniwersytet łbłaski, Sosnowiecc. – P. 13 – 17.
2. Cięłlak P. Streuktura przestrzenna roslinnołci torfowiska ĭabieniec kolo Brzezuin // Acta Universitatis Lodzensis, Folia Botanica. – 2002. – V. 14. – P. 125 – 145.
3. Kurowski J.K., red. Park Krajobrazowy Wzniesiec Jydzkich. Wojewodzki Fundusz Ochrony łrodowiska i Gospodarki Wodnej w Jodzĭ. – Jydx, 1998.

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР КАК ИНДИКАТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ (ПО ДАННЫМ НАЗЕМНОГО И КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА)

**С.Н. Кирпотин¹, Ю.М. Полищук²,
Н.А. Брыксина², В.П. Днепровская²**

¹ Томский государственный университет, Томск, Россия
E-mail: kirp@ums.tsu.ru

² Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: Yu_Polishchuk@ugrasu.ru

Статья продолжает серию публикаций, посвященных описанию стремительного таяния мерзлых бугристых болот (пальз), начавшегося в субарктике Западной Сибири 5 – 6 лет назад. Оно происходит одновременно с сокращением площади полярных паковых льдов в Арктике в летнее время (Соппор, 2005), и оба процесса, несомненно, имеют общую причину.

Ожидается, что глобальное потепление климата, ставшее, пожалуй, самой значимой экологической проблемой, будет наиболее остро проявляться в высоких (северных) широтах. Более того, именно субарктические ландшафты являются наиболее чувствительными к температурным изменениям, в силу таяния вечной мерзлоты (Callaghan & Jonasson, 1995). При этом западно- и среднесибирская субарктика теплеет значительно быстрее, чем другие регионы мира: за последнее столетие среднегодовая температура здесь повысилась более чем на 3°, а в зимнее время – на 4° (Jones and Moberg, 2003).

Бугристые болота субарктики Западной Сибири являются замечательным природным индикатором климатических изменений. Сегодня в этом регионе в силу более резкого потепления климата, обусловленного высокой степенью его континентальности, происходят процессы, с которыми скандинавские страны, Канада и Аляска столкнутся только через несколько лет, и в этом смысле Западная Сибирь является уникальным природным полигоном.

До недавнего времени ландшафт мерзлых бугристых болот находился в достаточно стабильном состоянии. Наблюдалась своеобразная «пульсация» поверхности, обусловленная взаимными переходами элементов ландшафта. Общую стратегию этого цикла превращений можно выразить в виде следующей схемы: мерзлый бугор мог растаять и через серию мочажин возрастающей обводненности превратиться в термокарстовое озеро; озеро, сбросив свои воды в другой водоем, могло превратиться в спущенное озеро – хасырей; в днище опорожненной озерной котловины обычно начиналось мерзлотное пучение, приводящее к вос-

становлению мерзлых бугров (Кирпотин и др., 1995; Кирпотин и др., 2003) (рис. 1).



Рис. 1. Схема циклической сукцессии развития плоскобугристых болот

Таким образом, в западносибирской субарктике длительное время наблюдался достаточно устойчивый баланс криогенных процессов: термического карста и мерзлотного пучения. Однако в последние годы произошло нарушение существовавшего ранее баланса между ними, что привело к сбою цикла. Сегодня термокарст заметно доминирует, и деградация мерзлоты уже охватила значительные площади бугристых болот. Есть все основания говорить о том, что описанная нами циклическая сукцессия приобрела линейный характер, направленный в сторону усиления термокарста (Кирпотин и др., 2004).

На территории, прилегающей к трассе Новый Уренгой – Пангоды (65° – 67° с.ш.; 74° – 75° в.д.), были обнаружены яркие свидетельства начавшегося стремительного и необратимого термокарста. Термокарстовые просадки на поверхности плоских ненарушенных мерзлых бугров развиваются настолько стремительно, что лишайники и кустарнички просто уходят под воду, а сфагновые мхи в большинстве случаев даже не успевают поселиться либо только начинают заселять эти свежие обводненные участки. Подобными просадками занято в среднем 5 – 10% поверхности обследованных нами плоскобугристых болот (Кирпотин и др., 2004).

Кроме того, существенно увеличивают свою площадь термокарстовые озера. Так, береговая линия некоторых обследованных нами крупных озер (более 1 км в поперечнике) сдвинулась по самым скромным прикидкам на 10 – 20 м. Средние и мелкие озера также заметно увеличивают свои площади. По береговой кромке этих озер отчетливо просматривается полоса (шириной 1 – 3 м) свежезатопленных, ушедших под воду кустарничков, чаще всего багульника и карликовой березки. Судя по состоянию кус-

тарничков, эти стремительные изменения произошли совсем недавно, за последние 5 – 6 лет, а в некоторых случаях кустарнички даже не успели погибнуть.

В последние годы в сибирской Арктике заметно активизировался спуск термокарстовых озер (Smith et al., 2005). С одной стороны, это закономерная стадия описанной нами выше циклической сукцессии эндогенного развития плоскобугристого болотного комплекса. Многие озера Западной Сибири на протяжении тысячелетий естественным образом превращались в *хасыреи* (спущенные озера), сбрасывая свои воды в другие водоемы и водотоки. Однако все дело здесь в нормах и тенденциях: пространственная мозаика ландшафтов со спущенными озерами убедительно показывает, что их исчезновение связано с прогрессирующим таянием мерзлоты (Smith et al., 2005; Кирпотин и др., 2006).

Для изучения динамики термокарстовых озер были выбраны три тестовых участка в районе Нового Уренгоя (рис. 2 и 3), территории, где по нашим наземным наблюдениям процессы термокарста проявляются наиболее ярко.

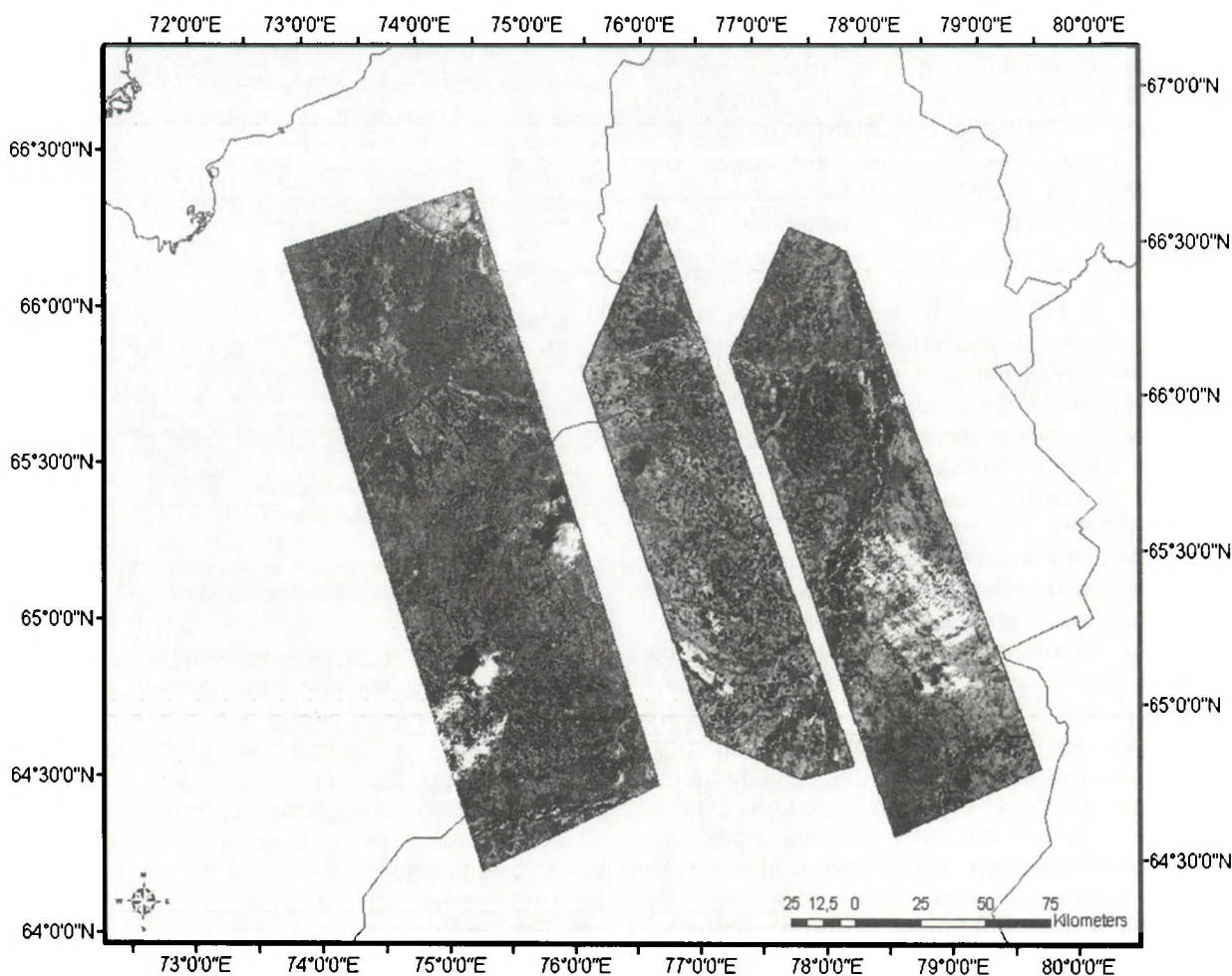


Рис. 2. Схема расположения тестовых участков в районе Нового Уренгоя

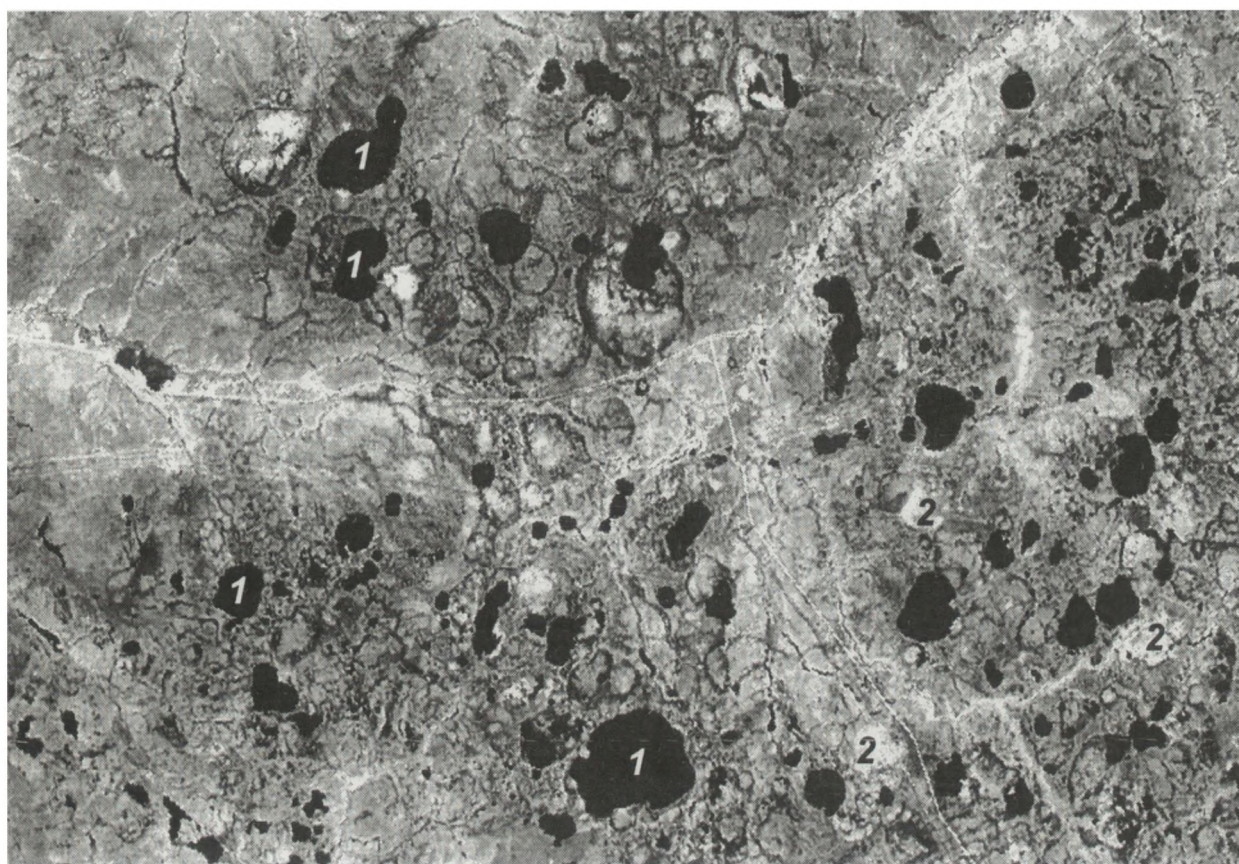


Рис. 3. Фрагмент космического снимка территории ТУ-2, на котором видны термокарстовые озера (1) и хасыреи (2)

Данные анализа изменений площади озера на тестовых участках в районе исследований приведены в таблице.

Анализ изменений площади озера в районе Нового Уренгоя

Общая характеристика изменения площади озера на ТУ- 2: 1 озеро не изменило свою площадь; 15 озера сократили площади, из них: - 1 озеро превратилось в «хасырей», - 14 озера сократили свои площади; 24 озера увеличили свою площадь	Общая характеристика изменения площади озера на ТУ- 3: 1 озеро не изменило свою площадь; 16 озера сократили площади, из них: - 4 озера превратились в «хасыреи», - 12 озера сократили свои площади; 18 озера увеличили свою площадь	Общая характеристика изменения площади озера на ТУ- 4: 1 озеро не изменило свою площадь; 24 озера сократили площади, из них: - 9 озера превратились в «хасыреи», - 15 озера сократили свои площади; 13 озера увеличили свою площадь
Количественный анализ Суммарная площадь озера составила в 1973 г. – 4609,1 га, в 2005 г. – 4320,3 га. Сокращение общей площади озера составило 288,8 га	Количественный анализ Суммарная площадь озера составила в 1973 г. – 4158 га, в 2005 г. – 3259,6 га. Сокращение общей площади озера составило 2898 га	Количественный анализ Суммарная площадь озера составила - в 1973 г. – 5293 га; - в 2005 г. – 3448,3 га. Сокращение общей площади озера составило 1844,7 га
Относительное сокращение суммарной площади озера составило 6%	Относительное сокращение суммарной площади озера составило 22%	Относительное сокращение суммарной площади озера составило 35%

Приведенные данные убедительно показывают, что в субарктике Западной Сибири в силу резкого усиления термокарста протекают два контрастных процесса: расширение площади термокарстовых озера и их исчезновение в результате опорожнения (спуска), причем последний процесс явно преобладает. Активизация

термокарстовых проявлений является несомненным следствием потепления климата в этом регионе.

Исследования были проведены при поддержке INTAS 03-51-6294, NPR и РФФИ (05-05-98002).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирпотин С.Н., Воробьев С.Н., Хмыз В.Ф. и др. Строение и динамика растительного покрова плоскобугристых болот Надым-Пурского междуречья Западно-Сибирской равнины // Бот. журн. – 1995. – Т. 80. – № 8. – С. 29 – 39.
2. Кирпотин С.Н., Бляхарчук Т.А., Воробьев С.Н. Динамика субарктических плоскобугристых болот Западно-Сибирской равнины как индикатор глобальных климатических изменений // Вестник ТГУ. Приложение. – 2003. – № 7. – С. 122 – 134.
3. Кирпотин С.Н., Лапшина Е.Д., Миронычева-Токарева Н.П., Блейтен В. «Обвальный» термокарст в Западно-Сибирской субарктике и тенденции глобальных климатических изменений // Экологические, гуманитарные и спортивные аспекты подводной деятельности: Материалы III Международной научно-практической конференции, 21 – 23 октября 2004 г.). – Томск: ТГУ, 2004. – С. 163 – 169.
4. Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А. и др. Нарушение эндогенной циклической сукцессии развития плоскобугристого болотного комплекса в результате резкого усиления термокарста в субарктике Сибири в связи с глобальным потеплением климата (по данным наземного и космического мониторинга) // Рациональное использование природных ресурсов и комплексный экологический мониторинг окружающей среды: Материалы Международной школы-семинара (г. Томск, ТГУ, 14 – 16 декабря 2006 г.) / Под ред. С.Н. Кирпотина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – С. 411 – 420.
5. Callaghan T.V. and Jonasson S. Arctic ecosystems and environmental change // Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A. – 1995. – V. 352. – P. 259 – 276.
6. Connor S. Global warming 'past the point of no return' // The Independent: Online Edition. – 2005. – Friday, 16 September. – http://news.independent.co.uk/world/science_technology/article312997.ece
7. Jones P.D. and Moberg A. Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update // Journal of Climate. – 2003. – V. 16. – No. 2. – P. 206 – 223.
8. Smith L.C., Sheng Y., MacDonald M., and Hinzman L.D. Disappearing Arctic Lakes // Science. – 2005. – V. 308. – P. 1429.

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ЗАЛЕЖЕЙ ВЕРХОВЫХ СФАГНОВЫХ БОЛОТ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Г.Л. Макаренко

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия

E-mail: mgl@tvcom.ru

Получена последовательность торфонакопления таежной зоны. Степень трофности среды торфонакопления в растительном покрове болот определяют эвтрофный и олиготрофный типы болотных растений-торфообразователей. По компонентному составу образующихся торфяных отложений выделены эвтрофная и олиготрофная группы сохранившихся растительных остатков и разложившаяся растительная масса (степень разложения). На этой основе разработаны генетическая классификация торфяных отложений и стратиграфическая классификация залежей. Выявлены закономерности естественных условий залегания, состава и природных свойств торфяных отложений. Приведена обобщенная модель стадий и этапов развития залежного слоя болот. Выделены три группы горизонтального контакта-перехода залежного слоя из эвтрофной стадии развития в олиготрофную, оценена их относительная встречаемость, и для каждой из групп приведены средние показатели природных свойств торфяных отложений залежного слоя болот. Результаты могут быть востребованы для решения научных и практических задач: по дифференциации и природоохранному обустройству территорий, по оценке их ресурсного потенциала в области рационального природопользования.

Болота – это биологический ресурс в живом естественном состоянии (растительный покров и его обитатели, поддерживающий саморазвитие болотной экосистемы) и природное полезное ископаемое в форме геологического тела (торфяное месторождение). Исследованию были подвергнуты болота: Жарковский Мох, Терлесово-Грядское и Чистик (Тверская область), Рдейское (Псковская область), Неназанное и Тверское (Карелия), Сытоминское и Усть-Кондинское (Тюменская область).

Степень трофности среды торфонакопления в растительном покрове болот определяют эвтрофный и олиготрофный типы болотных растений-торфообразователей и трехкомпонентный состав торфяных отложений, куда входят фактическое процентное содержание эвтрофных и олиготрофных растительных остатков, степень разложения. По степени трофности среды торфонакопления разработаны: обобщенная модель развития залежного слоя болот, генетическая классификация торфяных отложений и генетическая классификация торфяных залежей. Выявлены закономерности условий залегания, состава и природных свойств торфяных отложений (Макаренко, 2006а; 2005). Разработана априорная геологическая модель развития грядово-мочажинного и грядово-озеркового растительных комплексов (Макаренко, 2006б). По генетической классификации торфяных отложений, когда они полностью состоят из эвтрофных растительных остатков или последние преобладают над олиготрофными, их относят к эвтрофному (низинному) типу. Если же торфяные отложения полностью состоят из оли-

готрофных растительных остатков или последние преобладают над эвтрофными, то их относят к олиготрофному (верховому) типу. Внутри каждого типа выделяют 3 группы и 6 классов торфяных отложений (Макаренко, 2006а). В соответствии с генетической классификацией залежей по степени трофности среды торфонакопления (рис. 1) для различных условий формирования грядово-мочажинного и грядово-озеркового комплекса были установлены типовые разновидности групп горизонтального контакта перехода залежного слоя из эвтрофной стадии развития в олиготрофную и индексы двухстадийного строения залежного слоя. В составе залежей выявлено отсутствие первой группы контактов, когда ее нижняя приконтактная часть сложена эвтрофным гумифицированным торфом Э_Р. В залежном слое болот при переходе от грядово-мочажинного растительного комплекса к грядово-озерковому возрастает относительная встречаемость третьей группы контактов.

В общем виде процесс торфонакопления начинается с эвтрофной стадии и завершается олиготрофной. Каждая из стадий делится на два этапа. При этом торфообразовательный процесс может начаться на любом этапе развития. Выделены два вида строения залежи: одностадийное (низинный и верховой тип) и двухстадийное (смешанный тип). В залежах с двухстадийным строением учитываются тип и группа горизонтального контакта перехода залежи из эвтрофной стадии развития в олиготрофную и преобладающая группа растительных остатков в области контакта в составе торфяных отложений. Залежный слой болот делится на три типа:

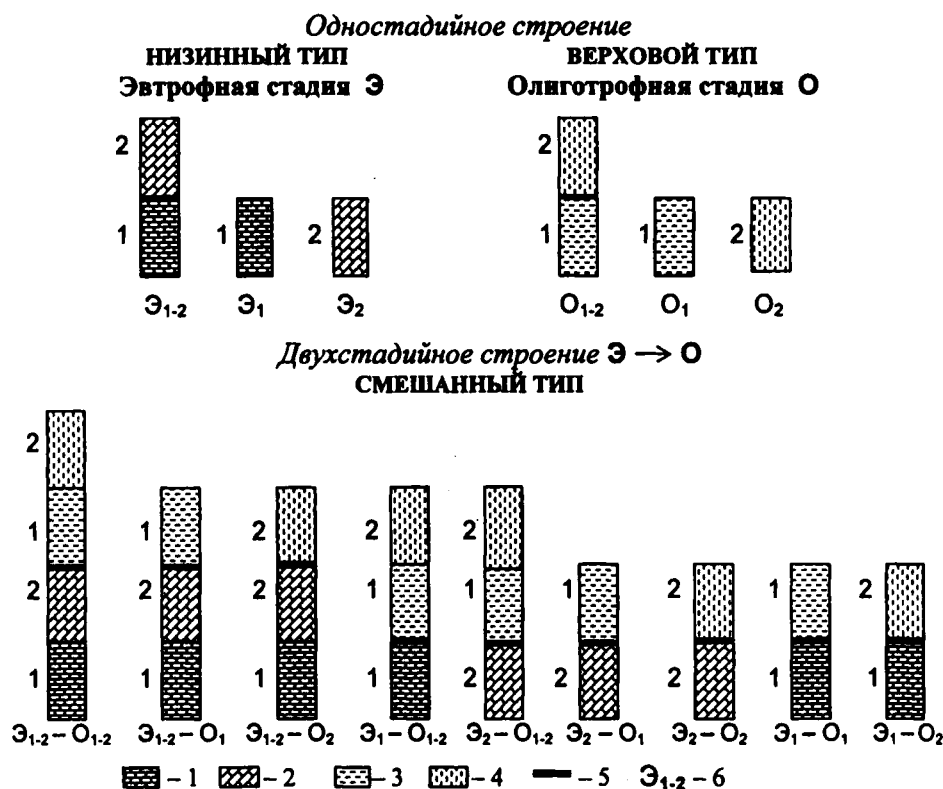


Рис. 1. Генетическая классификация залежей болот по степени трофности среды торфонакопления [2]. Этапы эвтрофной стадии развития и состав отложений: 1 – первый Э₁ (Э=100%), 2 – второй Э₂ (Э>О); этапы олиготрофной стадии развития и состав отложений: 3 – первый О₁ (Э<О), 4 – второй О₂ (О=100%); 5 – горизонтальный контакт перехода залежного слоя из эвтрофной стадии развития в олиготрофную; 6 – индекс строения залежи

низинный, верховой и смешанный (включая 15 разновидностей, каждой из которых присвоен соответствующий индекс строения) (см. рис. 1). Каждый вид строения залежи характеризуется формулой, отражающей особенности стратиграфии и закономерности состава и природных свойств торфяных отложений (Макаренко, 2005). Развитие грядово-озеркового растительного комплекса начинается с эвтрофной стадии развития и связано с накоплением эвтрофного мохового класса торфяных отложений Э_м. В случае доминирования мочажин над грядами развитие залежного слоя начинается с эвтрофного травяного класса торфяных отложений Э_т. При равном соотношении гряд и мочажин или доминировании гряд развитие залежного слоя

мочажин начинается с эвтрофного травяного Э_т, а гряд с олиготрофного мохового О_м или смешанного олиготрофного СМ_о класса. Для ориентированных мочажин (условия наклонного рельефа) и озерков в строении залежного слоя характерно доминирование торфяных отложений травяного класса (Э_т и О_т) (Макаренко, 2006б).

Результаты исследований позволяют по новому взглянуть на геологическую природу верховых болот таежной зоны, в основе которой лежит степень трофности среды торфонакопления и могут быть востребованы для решения научных и практических задач: по дифференциации и природоохранному обустройству территорий, по оценке их ресурсного потенциала в области рационального природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

- Макаренко Г.Л. Изучение геологической природы торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. – М.: РГГРУ, 2006а. – № 4. – С. 35 – 39.
- Макаренко Г.Л. Классификация залежей торфяных месторождений по степени трофности среды торфонакопления // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – Вып. 15. – С. 60 – 67.
- Макаренко Г.Л. Геосистемное формирование и развитие грядово-мочажинного и грядово-озерного комплекса торфяных болот // Вестник Тверского государственного технического университета. – 2006б. – Вып. 8. – С. 68 – 72.

WETLAND EVOLUTION AND GLOBAL DATABASE

P.O. Oksanen

University of Bristol, School of Geographical Sciences, Bristol, UK
E-mail: p.oksanen@bristol.ac.uk

A global wetland database, compiling information on the age, type and distribution of wetlands and peat accumulation since the Last Glacial Maximum, is under construction within the QUEST-Deglaciation project. The synthesis will help to better understand e.g. the patterns of wetland initiation, the role of wetlands in the terrestrial carbon cycle during the last Ice Age and deglaciation, and to identify gaps in the existing wetland research.

The database includes at the moment in situ stratigraphical and dating information on modern and buried peatlands and other terrestrial wetlands; for a fuller picture of wetland extent, indirect evidence, e.g. pollen data has to be considered as well. Based on world-wide wetland research literature survey, spot maps of the studied sites for peatland initiation and presence since the Last Glacial Maximum can be presented for selected time-slices. The final goal is to create maps showing the real extent of wetlands, and time-series documenting the global distribution of different types of wetland through time. In addition the data set will be used in recording changes in peat ac-

cumulation and thus carbon-sequestration. Furthermore, the information on changing wetland type will be used to assess the magnitude of methane emissions through time.

During the Last Glacial Maximum peat accumulation is registered in the southern hemisphere and southernmost Europe. In the high-latitudes of the northern hemisphere peatlands started to form around 15,000 years ago when deglaciation advanced. By ca. 7000 years ago the pattern of peatland distribution in the northern areas is similar to today. The biggest change in the evolution of northern mires is the replacement of formerly common rich fens (dominated by sedges, grasses and brown mosses) by *Sphagnum* dominated bogs, aapa mires and palsa mires. Methane releases are generally higher from fens than bogs, although ranges are large for all wetland types. In addition to climate, local factors affect mire development and the change into bogs and other *Sphagnum* mires is not synchronous, but some regional patterns can be distinguished nevertheless.

БОТАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОТЛОЖЕНИЙ ТОРФА ВБЛИЗИ п. ЯМБУРГ ТАЗОВСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.В. Панов

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия

E-mail: vvpanov@tvcom.ru

Торфяник, расположен на восточном побережье Обской губы в 5 км от поселка Ямбург (67° 50' с.ш. и 74° 50' в.д.). Это естественное обнажение, вскрытое подмывом берега, шириной около 150 м. Торф имеет выраженную го-

ризонтальную слоистость из хорошо сохранившихся стеблей мхов. Под торфяной залежью находятся крупные куски древесины (до 25 см). Минеральный грунт представлен супесями.

Видовой состав торфяных отложений в районе пос. Ямбург Тазовского полуострова

Глубина отбора образца, м	Степень разложения, %	Древесные остатки	Кора березы	Кора ольхи	Menyanthes trifoliata	Sphagnum riparium	Eriophorum vaginatum	Carex limosa	Carex appropinquata	Sph. balticum	Ericaceae	Sph. angustifolium	Зеленые мхи (Bryales)	Sph. obtusum	Equisetum	Carex caespitosa	C. globularis	Tthelypteris	Pragmites communis	Scheuchzeria palustris
0,45	Минеральный нанос																			
0,53	50	70	15			Ед.					10	5								
0,58	50	40	20	5	30					5										
0,61	15				5	45	5		10	5			5							
0,64	15				5	70	5			15			5							
0,67	25				40		20	30	10								Ед.?		Ед.	
0,70	30	15	5		Ед.	5	10	30	20	5							5		5	
0,73	15				5	Ед.	15	15	15	35	10	5	Ед.					Ед.	Ед.	
0,76	25				Ед.	5	5	10	10	50	10	10	Ед.					Ед.		
0,84	20				Ед.	15	20	20	10	15	20									
0,92	15				Ед.	45	20	10	5	10	5		5	Ед.						
1,00	15						5	10	Ед.	30	5	50								
1,20	10					70		10	Ед.	10	10		Ед.	Ед.						
1,23	10					20	Ед.	15	Ед.	15	5		25	20			Ед.?			
1,28	10					10	10	5		30		45	Ед.							
1,33	10					40		Ед.		30	5	20	5				Ед.?			
1,35	10				5	Ед.		Ед.		25	25	40	5							
1,40	10				5					20	15	50	10					Ед.		
1,43	10						5			20	20	55								
1,47	10							Ед.		20	15	65								
1,50	10							Ед.		20	35	45								
1,53	10							Ед.	Ед.	10	10	80								
1,63	10						Ед.			10	5	85								
1,66	10						Ед.	Ед.		15	10	70								
1,74	10						Ед.			20	Ед.	75	5							
1,82	10							Ед.		20	Ед.	80	Ед.							
1,97	10							Ед.		70	10	5	15							
2,0	15					5	5	10		25	5	50	Ед.							
2,12	10					5	5	5		70	Ед.	15	Ед.							Ед.
2,16	20					5	10	30		15		35	5 (1)				Ед.?			
2,22	10					75	10	5		10		Ед.	Ед.(2)				Ед.?			
2,25	20					65	10	10					15		Ед.					
2,251	Прослойка песка																			
2,29	10					90	5	5					Ед.		Ед.				Ед.	
2,30	20					60	5	25					5 (3)		Ед.	Ед.			5	
2,38	10					75		10					15			Ед.				
2,42	10					30		10					15(4)							
2,48	5							15					85							
2,53	45						15		15						45	15	10			

Примечание: 1 – Mnium, Calliergon; 2 – Calliergon; 3 – Meesia, Calliergon; 4 – Calliergon, Drepanocladus.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю.И. Прейс

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
E-mail: preisui@rambler.ru

Приведены результаты комплексных многоуровневых, детальных исследований болот средней и южной тайги Западной Сибири, позволившие выявить региональный климатогенный тип болотообразовательного процесса и новый «Обь-Иртышский» тип олиготрофных болот.

В результате многоуровневых, комплексных, детальных (с шагом 2–10 см) геоботанических исследований в 2003 – 2006 гг. ключевых участков болот средне- и южнотаежной подзон Западной Сибири и использования системно-эволюционного методического подхода выявлены разнообразные по характеру и значительные по масштабу нарушения закономерностей их аутогенного развития абиотическими факторами. Совпадение этих нарушений по характеру – с нарушениями, выявленными на болотах криолитозоны (Прейс, 1990), а по абсолютному возрасту – с периодами похолоданий климата голоцена (Бляхарчук, 1989), свидетельствует об их преимущественно криогенном генезисе.

Установлено, что континентальность климата через температурный и водный режимы атмосферы и физическое состояние (талое – многолетнемерзлое) почвогрунтов и значительная дифференциации мезо- и микрорельефа минерального дна обусловили наличие в средне- и южнотаежной подзоне Западной Сибири **климатогенного типа болотообразовательного процесса**, для которого характерны: 1) автохтонное заболачивание дренированных элементов мезо- и микрорельефа минерального ложа; 2) мезо- и олиготрофное заболачивание почвогрунтов, богатых Са; 3) значительная автономность и блоковый характер торфонакопления на фациальном и внутрифациальном уровнях; 4) частые, катастрофические смены водных режимов и растительных сообществ; 5) катастрофический характер олиготрофизации; 6) циклический характер аккумуляции торфа; 7) перерывы торфонакопления в связи с переходом торфяных отложений в субаквальное (многолетнемерзлое), а затем – гипераквальное (талое) состояние; 8) возвраты и псевдовозвраты на более минеротрофную стадию (рис. 1).

В связи с этим считаем целесообразным разделить региональный «нарымского» типа олиготрофных болот (Бронзов, 1930; Цинзерлинг, 1938) на два новых типа. Первый, «на-

рымский» тип должен объединять болота с аутогенным, а второй **«обь-иртышский»** – с климатогенным типом болотообразования. Характерные признаки болот «обь-иртышского» типа: 1) разновременность, разнотипность заболачивания многочисленных, мелкоконтурных генетических центров; 2) дискретная поэтапная олиготрофизация растительного покрова; имеющая площадной (на гомогенных фациях) или сетчатый (на комплексных фациях), катастрофический (независимый от трофности и обводненности предшествующей стадии) характер; 3) преобладание комплексных фаций уже на ранних стадиях развития; 4) разнообразие комплексов по стратиграфии, динамике и генезису; 5) преобладание на олиготрофной стадии развития комплексов с разнотипными торфяными отложениями; 6) блоковая стратиграфия торфяных отложений; 7) двухслойность торфяных залежей (нижний слой – хорошо разложившийся, низинный или переходный, верхний – слабо разложившийся, верховой); 8) наличие торфов с вторично измененными свойствами; 9) многократные перерывы аккумуляции торфа; 10) длительное проявление в морфологии и фациальной структуре болот элементов рельефа минерального ложа.

Часто они внешне сходны с болотами «нарымского» типа, находящимися на разных стадиях развития. Однако различия в морфологии и фациальной структуре этих болот обусловлены строением рельефа минерального дна. Их вершинное плато обычно является псевдогенетическим центром, приурочено к уплощенным вершинам склонов или платообразным гребням участков водоразделов. Преобладают эксцентричные олиготрофные болотные массивы. Часто массивы обоих типов входят в состав сложных болотных систем.

Разный отклик болот на климатические изменения обусловлен их возрастом или положением в рельефе. Слабый отклик имеют наиболее древние (бореального, иногда предборе-

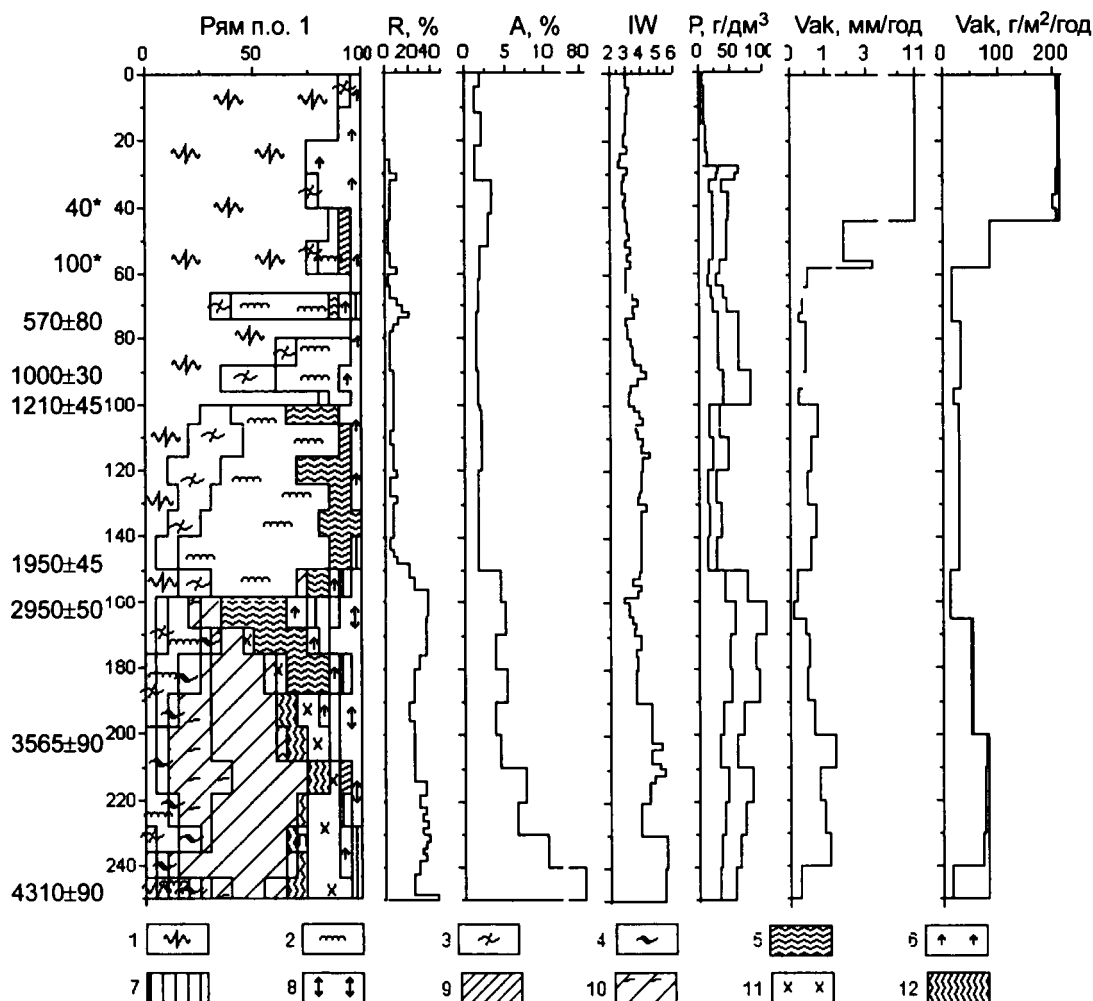


Рис. 1. Стратиграфия и свойства торфяной залежи сосново-кустарничково-сфагновой фации на периферии водораздельного олиготрофного Бакчарского болота (южная тайга). Датирование верхних слоев залежи: * – по ^{137}Cs , ** – по ^{210}Pb . Свойства торфа: R – степень разложения торфа, A – зольность торфа, IW – индекс влажности, P – удельная масса абсолютно сухого торфа и углерода, Vak – скорость аккумуляции торфа и углерода. Растительные остатки: 1 – *Sphagnum fuscum*, 2 – *S. magellanicum*, 3 – *S. angustifolium*, 4 – *S. jensenii*, 5 – пушица, 6 – вересковые кустарнички, 7 – древесные остатки, 8 – *Betula nana*, 9 – *Carex lasiocarpa*, 10 – *Carex rostrata*, 11 – хвощ, 12 – тростник

ального возраста) болота «нарымского» типа, которые формировались при наличии или деградации раннеголоценовой многолетней мерзлоты сразу как обширные, рано перешедшие на олиготрофную стадию болотные массивы, успевшие сформировать достаточно мощные слои сфагновых торфов до начала направленного похолодания климата второй половины голоцена, а также более молодые, приуроченные к наиболее глубоким понижениям рельефа. Болота «обь-иртышского» типа являются пре-

имущественно атлантико-суббореальными и приурочены к повышенным элементам рельефа с наиболее суровыми микроклиматическими условиями и глубоко дифференцированным микрорельефом, что обуславливает на ранних стадиях развития низкие буферные свойства болотных массивов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке МИП СО РАН №.137 «Мониторинг Большого Васюганского болота» и Программы №16 Президиума РАН (Проект №5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бляхарчук Т.А. История растительности юго-востока Западной Сибири в голоцене: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 1989. – 19 с.
2. Бронзов А.Я. Верховые болота Нарымского края // Тр. Н.-и. торфяного ин-та. – 1930. – Вып. 3. – 100 с.
3. Прейс Ю.И. Структура и динамика грядово-мочажинных болот Енисейского Заполярья (на примере долины р.Хантайки): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 1990. – 21 с.

БОЛОТА И ЗАБОЛОЧЕННЫЕ ЗЕМЛИ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ: ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В.В. Рыкова

Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН

E-mail: onbryk@spsl.nsc.ru

В статье дана характеристика баз данных собственной генерации ГНПТБ СО РАН для информационного сопровождения научных исследований болот и заболоченных территорий Севера.

Болота и заболоченные земли являются составной частью ландшафтной сферы северных регионов. Данные интразональные природные комплексы занимают на Севере территории, иногда превышающие по площади зональные во много раз, выполняя при этом широкий спектр экологических функций: регулирование стока, обеспечение специфической среды обитания для многих видов животных и растений, депонирование углерода, формирование микро- и макроклимата. Стратегия сохранения водно-болотных угодий России, разрабатываемая Госкомэкологии РФ и Wetland International, предусматривает формирование банка данных, создание кадастра уникальных экосистем болот и научно-методической базы для их охраны и рационального использования (Валеева, 2001).

Информационной основой исследования болот и заболоченных земель северных районов могут стать проблемно-ориентированные базы данных (ПОБД), генерированные Отделом научной библиографии ГНПТБ СО РАН: «Проблемы Севера», «Природа и природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока», «Устойчивое развитие», «Биоразнообразие Северной Евразии», «Экология и охрана природных комплексов Западной Сибири», «Загрязнение и охрана окружающей среды: справочные и информационно-библиографические пособия». Все базы являются БД библиографического типа и создаются на основе обязательного экземпляра отечественной литературы, иностранной литературы, поступающих в нашу библиотеку и вторичных источников информации. Информационный массив включает самые разнообразные виды документов: монографии, статьи из журналов и научных сборников, материалы конференций, симпозиумов, конгрессов, словари, справочники, учебные пособия, авторефераты диссертаций, обзоры, методические рекомендации, патенты, карты, атласы, депонированные рукописи, отчеты. Поиск в базах данных возможен по ключевым словам из заглавия, аннотации или перевода заглавий, фамилии автора, редактора, составителей, году и месту

издания, предметной рубрике, языку и виду документа или по комбинации нескольких параметров.

В БД комплексной тематики «Проблемы Севера» (более 110 000 документов), включающей материалы с 1988 г. по настоящее время, нашли отражение вопросы истории освоения природы и природных ресурсов северных территорий Евразии и Северной Америки, дана характеристика их рельефа, климата, вод, поверхностных и подземных льдов, почв, растительного и животного мира, экосистем, включены материалы по антропогенному воздействию на окружающую среду. Более 1 000 работ на русском и английском языках посвящены различным аспектам исследования болот и заболоченных территорий северных районов.

ПОБД с текущим пополнением «Природа и природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока, их охрана и рациональное использование» насчитывает более 142 000 документов (с 1988 г.) по геологии, климату, гидрологии, геоэкологии, почвам, растительному и животному миру, ландшафтной экологии. Данная БД включает материалы (около 3 000 работ) по стратиграфии торфяников и реконструкциям палеообстановки, гидрологии, геоботанике, динамике углеродного цикла в болотных комплексах, охране болот Сибири и Дальнего Востока.

БД «Биоразнообразие Северной Евразии» (более 2 500 документов с 1988 г. по настоящее время) затрагивает вопросы биологического разнообразия микроорганизмов, почв, растений, животных, ландшафтов, в том числе болот и заболоченных территорий на севере континента.

ПОБД «Экология и охрана природных комплексов Западной Сибири» содержит информацию с 1988 г., структурированную по следующим разделам: охрана недр и рациональное использование минеральных ресурсов; загрязнение и охрана атмосферы и вод, рациональное использование водных ресурсов; загрязнение и охрана почв, мелиорация, рекультивация земель; воздействие человека на растительный и животный мир и рациональное использование биологических ресурсов; геоэколо-

гия, ландшафтная экология; антропогенная трансформация, восстановление и охрана ландшафтов. Около 300 документов посвящены экологическому мониторингу, охране, рекультивации болот на территории Западной Сибири – «мировому природному феномену» заболачивания (Нейштадт, 1971).

В БД справочных и информационно-библиографических пособий «Загрязнение и охрана окружающей среды» (около 2 300 документов), генерируемой отделом с 1985 г. по текущий момент, представлены обобщенные данные о наиболее важных справочниках, словарях, нормативно-методических материалах, обзорной информации, отечественных и зарубежных периодических и продолжающихся изданиях. Справочник «Кто есть кто: изучение и охрана водно-болотных угодий» (Каменнова, Киселева, 1999) содержит сведения о специалистах в

области изучения и сохранения водно-болотных природных комплексов (ученая степень, тематика научных исследований, место работы, адрес, телефон).

ПОБД «Устойчивое развитие природы и общества» (более 30 000 документов с 1992 г. по текущий момент) рассматривает широкий спектр экологических вопросов, в том числе биосферную роль болот, охрану водно-болотных угодий, устойчивое природопользование в различных типах болотных экосистем.

Все материалы представлены в Интернете на сайте библиотеки www.spsl.nsk.ru (рис. 1) (опции «Электронная библиотека» или «Электронные каталоги и БД»). Информацию из баз данных собственной генерации ОНБ ГПНТБ СО РАН можно получить в традиционной или машиночитаемой форме по электронной почте, обратившись по адресу onb@spsl.nsk.ru.

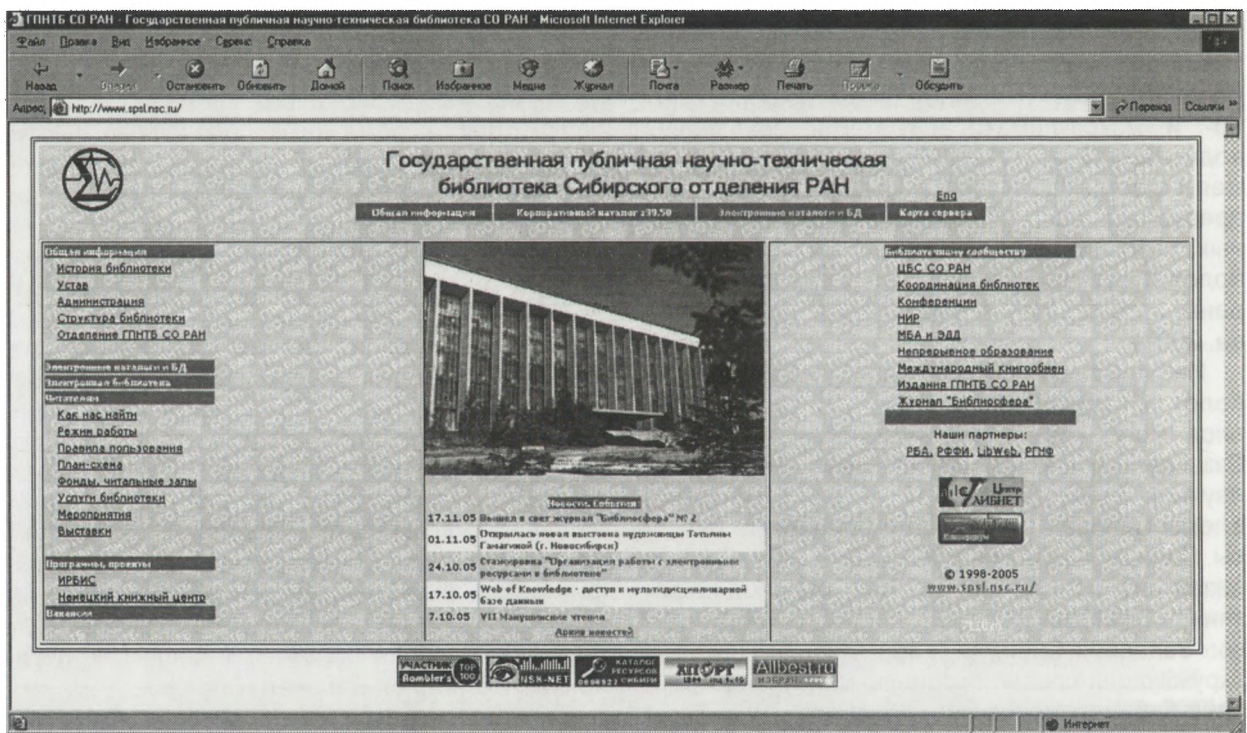


Рис. 1. Сайт ГПНТБ СО РАН

ЛИТЕРАТУРА

1. Валуева Э.И., Московченко Д.В. Роль водно-болотных угодий в устойчивом развитии севера Западной Сибири / Ин-т проблем освоения Севера СО РАН. – Тюмень, 2001. – 228 с.
2. Каменнова И.Е., Киселева Н.И. Кто есть кто: изучение и охрана водно-болотных угодий России: Справочник. – М.: Wetlands intern. Publ., 1999. – 142 с.
3. Нейштадт М.И. Мировой природный феномен – заболаченность Западно-Сибирской равнины // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1971. – № 1. – С. 21 – 43.

ПОЗДНЕЛЕДНИКОВАЯ ПУСТЫНЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

С.Н. Тумирева, А.А. Величко

Институт географии РАН, Москва, Россия
E-mail: paleo_igras@mail.ru, тел. (495) 238-02-98

Западная Сибирь в Северном полушарии, так же как Амазония в Южном полушарии, на современном этапе развития геосферы Земли является крупнейшей областью формирования переувлажненных систем, включающих болота и торфяники.

Глядя на карту Северной Евразии, невольно возникает мысль о предопределенности этой, в целом пониженной территории, включающей бассейны таких крупнейших рек Северного полушария, как Обь и Енисей, к тому, чтобы здесь господствовали обширные заболоченные пространства. Однако такой ее привычный для нас облик не был вечным. Данные последних десятилетий с широким использованием радиоуглеродного метода датирования подтвердили выводы о том, что процесс активного заболачивания в Западной Сибири получил развитие лишь в начале голоцена. Результаты российско-американских полевых и камеральных исследований, проведенных в 1999 – 2001 гг. показали, что условия предшествующей голоцену эпохи не были благоприятными для формирования переувлажненных пространств. Отчетливым подтверждением тому послужили данные бурения болотно-торфяных систем, полученные в ходе указанных совместных исследований. Многочисленные скважины, заложенные в пределах таких систем, обнаруживали, как правило, в приконтактной с торфяником зоне отложения, представленные в основном песками. Подобное соотношение практически оставалось неизменным независимо от того, на каких геоморфологических элементах проводилось бурение или изучалось их строение с помощью разрезов. Залегание песчаных отложений в основании торфяников ставило вопрос о генетических свойствах этих подстилающих отложений, что позволило бы подойти к реконструкции условий, непосредственно предшествующих началу процессов заболачивания. Для этих целей был привлечен анализ морфоскопии песчаных кварцевых зерен. Проведенный анализ послужил важным аргументом, позволяющим выдвинуть предположение о том, что Западная Сибирь в конце последней ледниковой эпохи по своим физико-географическим условиям занимала по сравнению с современностью практи-

чески диаметрально противоположное место в диапазоне глобального спектра ландшафтного разнообразия. Исследовавшиеся массивы торфяно-болотных образований относятся к трем различным в геолого-геоморфологическом отношении районам: 1) северной группе торфяников и болот, относящихся к области слабо наклонной в сторону океана низменности; 2) группе торфяников, находящихся в пределах Сибирских Увалов; 3) южной группе, сосредоточенной в пределах главной Ханты-Мансийской депрессии равнины.

Морфоскопический анализ кварцевых зерен из слоев, непосредственно подстилающих торфяно-болотные отложения во всех трех районах, выявил наличие в них зерен, имеющих матовую поверхность и по своей форме приближающихся к сферической. Такое сочетание свидетельствует о том, что зерна находились в субаэральной обстановке, а ведущим фактором их формирования был эоловый перенос.

Вместе с тем в морфологии зерен из рассмотренных выше трех районов намечается определенная дифференциация. Так, в северном районе наряду с зернами эолового типа отмечается определенный процент зерен низких классов окатанности, слабо заматованных, а также глянцевых. Такой состав зерен можно связать с тем, что формирование песчаных толщ здесь происходило в условиях морских трансгрессий, когда большую роль играл привнос так называемых ледниково-морских или ледниково-айсберговых отложений, поступавших от ледников, выдвигавшихся с запада и востока в область трансгрессий.

Существенным отличием от северного района характеризуется морфология кварцевых песчаных зерен из скважин, заложенных в среднем районе на высоких поверхностях Сибирских Увалов. Здесь, с отчетливой стабильностью устанавливается полное преобладание зерен эолового происхождения. В микрорельефе зерен присутствуют детали, возникающие под воздействием активных ветров, скорость которых превышала 10 м/с. Высокая степень окатанности зерен, форма которых приближается к сферической, объясняется тем, что эоловой обработке подвергались песчаные тол-

щи, формировавшиеся в течение всего мезозоя и до середины палеогена в значительной степени в морских условиях. Весь последующий этап кайнозоя гряды средней части Сибирских Увалов находились в субаэральном, преимущественно денудационном режиме, в котором немалую роль играли фазы активного перевывания. Очевидно, что на высоких поверхностях Увалов в плейстоцене указанные процессы превалировали над ледниковыми.

Морфоскопические свойства песка из южного района базируются лишь на ограниченном фактическом материале. Имеющиеся данные показывают, что в этом районе в рассматриваемом возрастном интервале на фоне преобладания матовых, хорошо окатанных зерен песка присутствуют зерна средней окатанности, с незначительной заматованностью или глянцевые. Такой спектр морфологии зерен в данном районе можно связать с тем, что он принадлежит к полосе глубоких депрессий, внутри которых, начиная с середины палеогена, наиболее характерными были озерно-аллювиальные процессы, чередовавшиеся с фазами существенной аридизации.

Таким образом, в морфологии кварцевых зерен нашли отражение различия в истории природных событий отдельных районов. Однако эти особенности послужили лишь фоном, на

котором отчетливо проявились главные общие черты формы и поверхности зерен из всех трех районов, свидетельствующие о фазе активных эоловых процессов на заключительном этапе своего формирования. По морфологическим характеристикам изученные зерна сопоставимы с теми, которые формировались в пустынях. В южной части равнины ландшафты холодной пустыни сменялись областью аккумуляции песков. Вероятно, пустынные пространства служили одним из важных источников поступления пылевого материала в лессовую область.

Радиоуглеродные определения, полученные в районах исследований, свидетельствуют о том, что рассматриваемая фаза эолизации заканчивается в холодном интервале поздний дриас, непосредственно предшествующем началу голоцена, когда начался процесс болотообразования.

Быстрая реакция (деградация) морских льдов Северной Атлантики, связанная с потеплением в начале голоцена, привела к росту осадков на данной территории, где в условиях низменности, слабого дренажа, невысокой испаряемости и вытаивания грунтовых льдов произошло «переклечение» ландшафтной системы холодной пустыни (полупустыни) на систему ландшафтов с избыточным увлажнением, приведшее к заболачиванию обширных пространств.

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНОВОЕ ВРЕМЯ

И.В. Хазина, Л.Б. Хазин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Новосибирск, Россия
E-mail: KhazinaIV@ipgg.nsc.ru

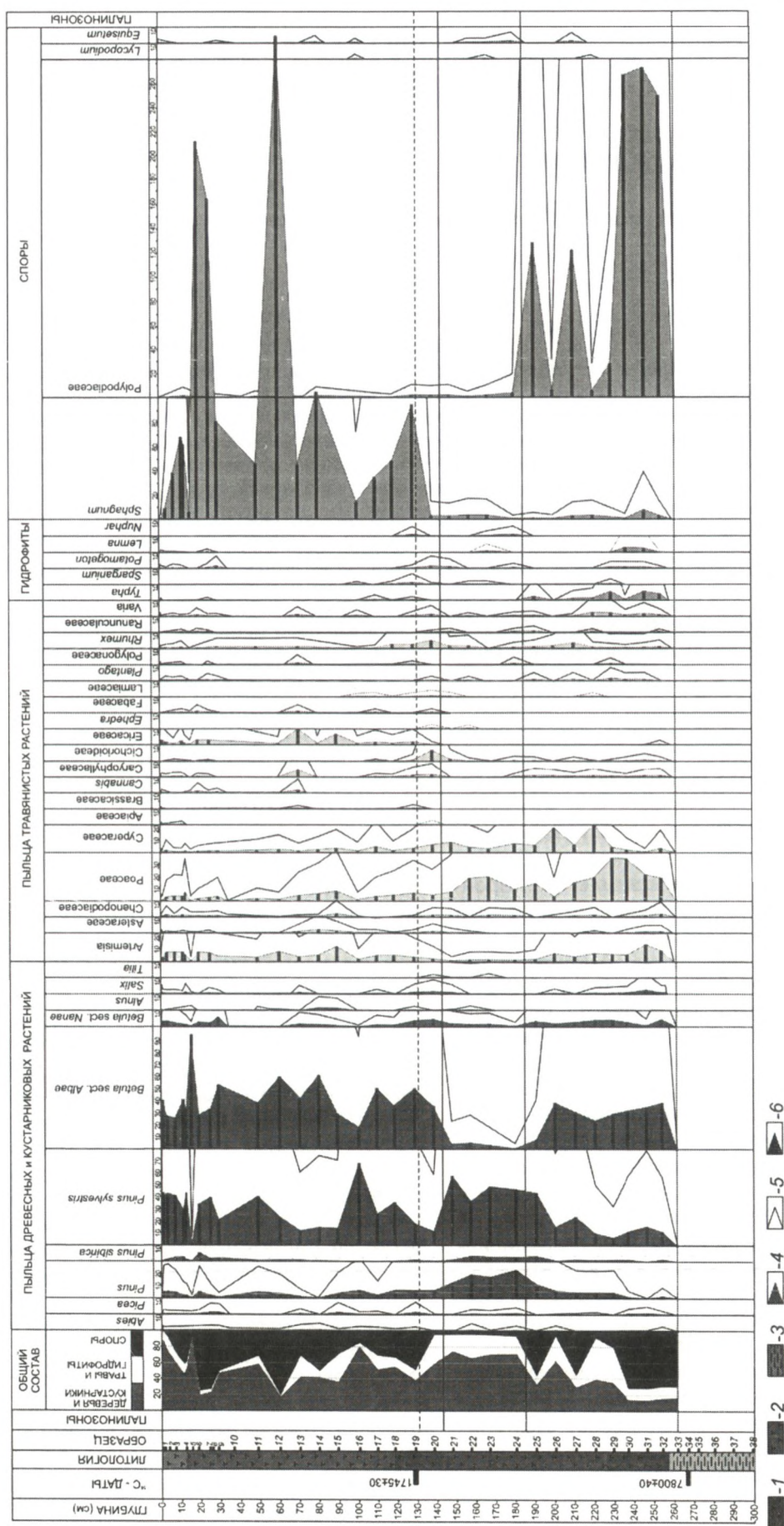
Изучение торфяника «сфагновый рям» (56° 04' с.ш., 78° 53' в.д.), озерно-болотных отложений оз. Белое (55° 39' с.ш., 82° 70' в.д.) и сопоставление полученных данных с материалами по другим разрезам лесостепной зоны Западной Сибири позволяет реконструировать развитие растительности в голоцене, начиная с атлантического периода. Главной лесобразующей породой была береза, березовые, березово-сосновые леса с тростниковыми займищами, папоротниками на границах болот – типичная растительность для атлантического – начала суббореального периодов голоцена. В слоях, отвечающих первой половине суббореального периода, обнаружены единичные зерна вяза и липы, что отмечает этап потепления, для этого же интервала характерно большое количество водных и прибрежно-водных растений. В конце суббореального – начале субатлантического отмечается похолодание и увлажнение; эффективное увлажнение продолжилось в субатлантическое время, как показывает формирование верховых торфяников в подтаежных лесах.

История изучения растительности верхне-четвертичных органогенных отложений Западной Сибири началась с исследований болот этой территории. Первый вклад в познание природы болот южной части равнины внесли работы участников почвенно-ботанической экспедиции Переселенческого управления А.Я. Гордягин, П.Н. Крылов, Б.Н. Городков, Н.И. Кузнецов, Д.А. Драницын и др. Сведения об истории развития растительности юга Западной Сибири появились в 1930-х гг. в материалах А.Я. Бронзова. Он представил характеристику торфяной залежи, растительного покрова низинных и верховых болот Васюганья, а также наметил три этапа формирования болот. В начале 1930-х гг. в районе Барабинской низменности работала также экспедиция Центральной торфяной опытной станции с участием М.И. Нейштадта, А.А. Генкеля, П.Н. Красовского. Были исследованы болота Барабинской низменности, описана их растительность. Опорными разрезами голоцена с большим количеством радиоуглеродных дат на юге Западной Сибири Архиповым и Волковой (1994) признаны: Нижний Сузгун на Оби, разрезы голоцена на оз. Чаны в Западно-Барабинском районе, разрезы Каякского и Суминского займищ в Восточно-Барабинском районе, болото Гладкое и болото Толмачевско-Криводановское в Новосибирском Приобье. Новые данные по палинологическим исследованиям разреза Жуковское (Борисова, Зеликсон и др., 2005), несомненно, дополняют этот список. Именно на результаты исследования этих объектов мы и опирались при обсуждении материалов.

Объектами исследования являются три разреза голоценовых отложений: 1 – торфяник «сфагновый рям» (56° 04' с.ш., 78° 53' в.д.); 2 – сапропелевые отложения оз. Белое (55° 39' с.ш., 82° 70' в.д.); 3 – торфяник на берегу оз. Белое. Такой выбор объектов обусловлен тем, что природные изменения голоцена легче выявляются на границах природных зон (степной и таежной, в нашем случае), чем внутри них.

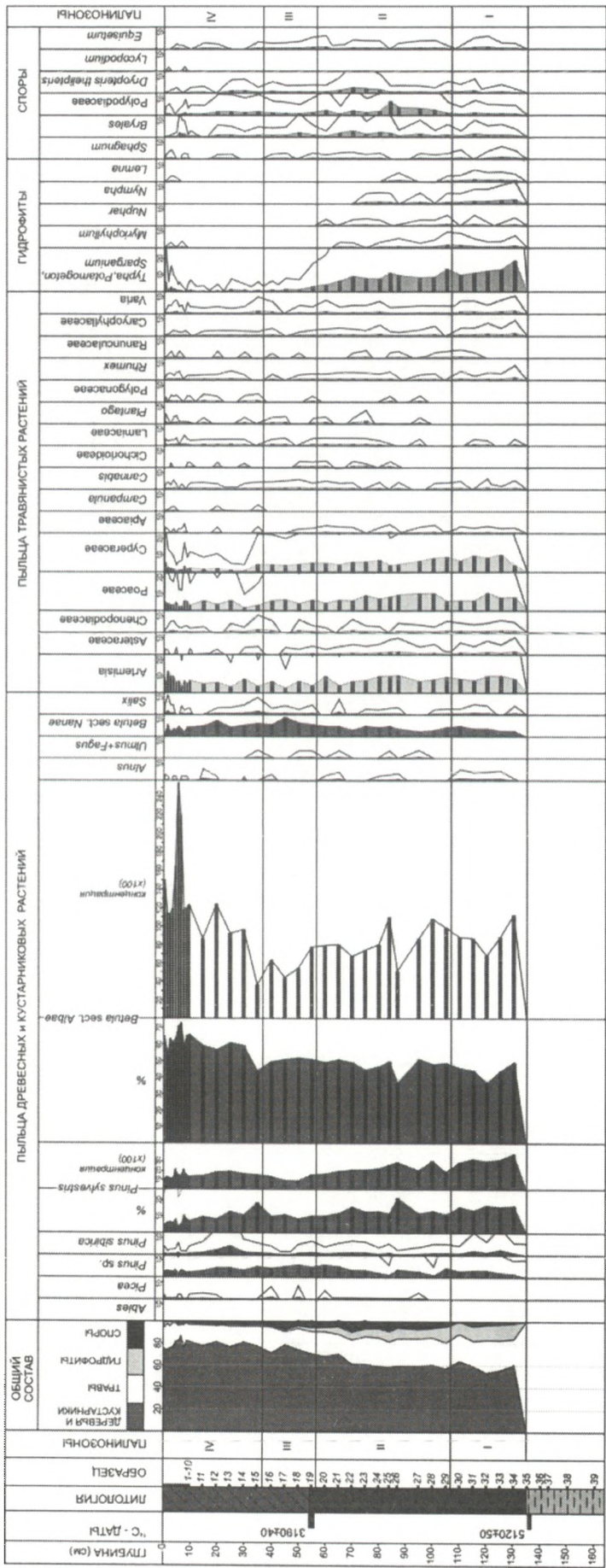
Район исследований расположен в юго-восточной части Западной Сибири, на территории Барабинской аккумулятивной равнины. Климат континентальный, недостаточно влажный, по данным метеостанции г. Новосибирска средняя температура января –19 °С, июля +19 °С, среднегодовая – 0,2° (в среднем для лесостепной зоны среднегодовая температура –1 °С); годовое количество осадков 425 мм/год (среднее – 400 – 450, на юге уменьшаясь до 350). «Сфагновый рям» расположен в подзоне мелколиственных лесов, в сочетании березовых и осиновых травяных лесов с сосново-кустарниково-сфагновыми рьями. Озеро Белое находится в северной лесостепи, здесь сочетаются растительные сообщества остепненных лугов, луговых степей и остепненных осиново-березовых лесов.

Согласно радиоуглеродному анализу, в разрезе сфагнового рья вскрыты средне-верхне-голоценовые отложения. Залежь можно разбить на три части: нижняя (3,0 – 2,6 м) представлена серыми озерными глинами (с раковинами остракод *Limnocythere vara* Liepin, растительными остатками), в кровле слоя получена дата 7800±40 p/у лет; средняя (2,6 – 1,33 м) –



Спорово-пыльцевая диаграмма разреза «сфагновый ям». 1 – черный торф; 2 – желто-коричневый торф; 3 – глины; 4 – общее содержание пыльцы деревьев и кустарников; 5 – общее содержание пыльцы трав и гидрофитов; 6 – общее содержание спор

Section 1. Genesis and Paleoeecology of Northern Bogs



Спорово-пыльцевая диаграмма разреза оз. Белое (центр)

сложена черным, хорошо разложившимся травяным торфом; верхняя часть (1,33 – 0 м) – неразложившимся ярко коричневым сфагновым торфом, на глубине 1,27 – 1,3 м имеется дата – 1745±30 (СОАН-6793). На палинологический анализ было отобрано 32 образца с шагом в 1 – 10 см, в зависимости от осадка. Результаты спорово-пыльцевого анализа представлены на диаграмме, на которой выделены три пыльцевые зоны. Зона 1 (2,6 – 1,83 м) включает в себя переходную зону от торфа к глине и нижнюю часть среднего слоя. Спектры зоны можно также подразделить на две подзоны: 1а (2,6 – 2,25 м) – характеризуется преобладанием пыльцы березы, злаковых и папоротников, что отражает растительность, типичную для подзоны мелколиственных лесов; 1б (2,25 – 1,83 м) – отличается возросшей долей пыльцы осоковых и скачками кривой папоротников, что, вероятно, связано со сменой локальных условий болота. Зона 2 (1,83 – 1,33 м) – верхняя часть черного торфа. В спектрах доминирует пыльца сосны, большое количество также пыльцы злаковых. Зона 3 (1,33 – 0 м) – доминирование спор *Sphagnum*, что указывает на переход развития

болота в олиготрофную фазу. Пыльца древесных представлена березой и сосной.

Изучение торфяника «сфагновый рям» и озерно-болотных отложений оз. Белое и сопоставление полученных данных с материалами по другим разрезам лесостепной зоны Западной Сибири позволяет реконструировать развитие растительности в голоцене, начиная с атлантического периода. Главной лесообразующей породой была береза, березовые, березово-сосновые леса с тростниковыми займищами, папоротниками на границах болот – типичная растительность юга Западной Сибири в атлантическом – начале суббореального периодов голоцена. В слоях, отвечающих первой половине суббореального периода, обнаружены единичные зерна вяза и липы, что отмечает этап потепления, для этого же интервала характерно большое количество водных и прибрежно-водных растений. В конце суббореального – начале субатлантического периодов отмечается похолодание и увлажнение; эффективное увлажнение продолжилось в субатлантическое время, как показывает формирование верховых торфяников в подтаежных лесах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов С.А., Волкова В.С. Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири. – Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1994. – Тр. 823. – 106 с.
2. Борисова О.К., Зеликсон Э.М., Кременецкий К.В., Новенко Е.Ю. Ландшафтно-климатические изменения в Западной Сибири в позднеледниковье и голоцене в свете новых палинологических данных // Известия РАН. Серия географическая. – 2005. – № 6. – С.38 – 49.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ БОЛОТ И ЛЕСОВ В ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Т.К. Юрковская

Ботанический институт им.В.Л.Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: yurkovskaya@hotmail.ru

В работе подчеркивается важность саморегуляции растительного покрова таежных экосистем, роль болот в образовании пространственно-временной структуры таежных экосистем и в увеличении их устойчивости. Предлагается концепция о повышении устойчивости таежных экосистем в условиях сосуществования болота и леса. Рассматриваются сукцессионные стратегии лесов и болот, вклад болот в увеличение биоразнообразия таежных экосистем.

Таежные экосистемы в пространстве представляют собой сложную сеть неравномерно чередующихся массивов лесов и болот, местами озер, которую рассекают речные долины. Их развитие и существование на всем таежном пространстве происходит в тесном взаимодействии. Таким образом, тайга в нашем представлении – это не одни темнохвойные леса, но и область распространения бореальных экосистем лесов, болот и пойм рек.

Взаимоотношения лесов и болот рассматриваются прежде всего как проблема заболачивания лесов и меры борьбы с ним. Обзор исследований в этом направлении, проводившихся в нашей стране на протяжении двух веков, был опубликован Н.И. Пьявченко (1979). М.И. Нейштадт (1979), прогнозируя процесс заболачивания в Западной Сибири, призывает остановить этот процесс тотальным осушением. А между тем мичуринский лозунг «Мы не можем ждать милостей от природы... и т.д.» давно обнаружил свою несостоятельность. И антропоморфный взгляд на природу работает и против природы, и против человека.

Таким образом, не только в быту, но и в науке доминируют представления об антагонизме болота и леса. Полагаю, что пора разрушить эти представления и предложить концепцию о повышении устойчивости таежных экосистем в условиях сосуществования болота и леса. Я также намереваюсь выдвинуть и обосновать гипотезу о стратегии развития таежных лесов и болот в связи с проблемой их устойчивости.

Следует подчеркнуть, что механизмы регуляции и саморегуляции присущи не только верховым болотам, но свойственны растительному покрову в целом. Именно они создают оптимальную пространственную структуру покрова, способствующую его наибольшей устойчивости. Исходя из этого, соотношение лесов и болот в таежных экосистемах в том или ином регионе не случайно и определяет во многом меру его устойчивости.

Обратимся к пространственно-временной динамике лесов и болот. Несмотря на тесную связь пространственно-временной структуры лесов и болот, происходящие в них динамические процессы различаются по существу как во времени, так и в пространстве. Прежде всего различается стратегия сукцессий растительности болот и лесов.

Сукцессионная стратегия лесов, или способ завоевания ими пространства, является экстенсивной. Лесные сообщества стремятся захватить либо безлесные пространства, либо занятые пионерными, неустойчивыми типами леса. В пространстве это выражается в образовании очагов леса. Однако этот процесс различается во времени. На протяжении голоцена таким путем леса завоевывали пространства, все время расширяя свой ареал. В настоящее же время леса лишь стремятся удержать и восстановить свой ареал, ставший фрагментарным после антропогенных нарушений.

Растительность болот развивается как бы *in situ* за счет нарастания своей поверхности вверх и в стороны. Именно растительность болот в тайге наступает на растительность лесов. Обратное явление встречается крайне редко. На протяжении всего голоцена болота росли вверх и вширь, завоевывая все большие пространства и вытесняя леса. Последовательные сукцессии растительности болот происходили в направлении наслаивания одной стадии на другую наподобие слоеного пирога. В результате этого процесса мы имеем временную серию палеосообществ, сохранившихся в виде слоев торфяной залежи, то есть тренд таких сукцессий имеет вертикальную направленность.

По-видимому, более интересными для анализа взаимоотношений леса и болота в тайге являются сукцессии растительности на болотах с центробежной направленностью, определяющие разрастание болот по периферии и захват ими не свободных площадей, а принадлежавших ранее устойчивым коренным и квазико-

ренным лесам. Такие сукцессии идут путем образования на границе болото/лес буферных сообществ заболоченных и болотных лесов. Скорость сукцессий (их временная составляющая) различна. Она колеблется в широких пределах и зависит от многих факторов: зональных, региональных, локальных.

Мы пытались проследить взаимоотношения растительности лесов и болот в пространстве, изучая на основе дешифрирования дистанционных аэрофотоматериалов, путем экологического профилирования и крупномасштабного картографирования, лесоболотные сочетания. Эта категория была введена мною как территориальная единица растительного покрова в связи с задачами мелкомасштабного картографирования для тех участков тайги, где леса и болота представлены небольшими урочищами и не картируются в качестве самостоятельных контуров. Ранее на геоботанических мелкомасштабных картах предпочтение отдавалось лесам даже в тех случаях, когда суммарная площадь мелких болот превосходила площадь лесов, что значительно искажало истинный характер растительности. В процессе изучения лесоболотных сочетаний и накопления материала из разных регионов европейской тайги я убедилась в том, что лесоболотные сочетания не просто единица, выделенная для целей мелкомасштабного картографирования, а реально существующая гетерогенная категория таежных экосистем. Лесоболотное сочетание представляет собой совокупность закономерно повторяющихся плакорных и неплакорных типов леса и болот. В системе двурядной классификации растительности, предложенной В.Б. Сочавой (Сочава, 1968), оно соответствует рангу мезофитоценохоры.

Многие лесоболотные сочетания располагаются между крупными болотными массивами и болотными системами, связывая их в единую сеть. Болота обуславливают естественную фрагментированность растительного покрова

тайги. Наличие болот значительно увеличивает гетерогенность таежных экосистем, способствуя тем самым их устойчивости.

Болота вносят свой вклад и в увеличение биоразнообразия растительного покрова тайги на разных уровнях его организации. На видовом уровне за счет болот в таежных экосистемах увеличивается количество гипоарктических видов и появляются арктические. Самый известный из последних *Tomenthypnum nitens*. За счет болот во много раз увеличивается разнообразие сфагновых мхов и видов семейства *Amblystegiaceae*. Но особенно велико разнообразие болот по сравнению с лесами на фитоценотическом и надфитоценотическом уровнях вследствие гетерогенности растительного покрова болот. Болота способствуют и сохранению биоразнообразия таежных экосистем при их антропогенной трансформации, прежде всего после рубок и пожаров окраины болот сохраняют большое число лесных видов, способствуя тем самым их возвращению на лесные местообитания.

Итак, в заключение отметим пространственно-временную связь в развитии таежных лесов и болот. Роль болот в развитии и существовании таежных экосистем велика. Во-первых, пространственная структура растительного покрова тайги определяется все увеличивающейся в последние 10 тысяч лет площадью болот. Во-вторых, болота образуют сеть, которая обуславливает естественную фрагментированность и гетерогенность растительного покрова тайги, усиливая его устойчивость по отношению к природным и антропогенным возмущениям. Болота существенно увеличивают биоразнообразие таежных экосистем. Помимо биологических функций, отмеченных нами, болота выполняют, как известно, гидрологические и атмосферные функции, а также являются источниками природных ресурсов. Вследствие накопления торфа, разрастания вверх и вширь болота изменяют современный рельеф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейштадт М.И. Взаимоотношение леса и торфяного болота в голоцене (на примере Западной Сибири) // Болота и болотные ягодники. Тр. Дарвинского государственного заповедника. – 1979. – Вып. 15. – С. 15 – 20.
2. Пьявченко Н.И. О взаимоотношениях леса и болота в таежной зоне // Болота и болотные ягодники. Тр. Дарвинского государственного заповедника. – 1979. – Вып. 15. – С. 6 – 14.
3. Сочава В.Б. Растительные сообщества и динамика природных систем // Докл. ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. – 1968. – Вып. 20. – С. 12 – 22.

Section 2

Mire Ecology and Biodiversity Conservation

Экология болот и их роль в сохранении биологического разнообразия

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

Proceedings of the Second
International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk,
August 24 – September 2, 2007

APPLYING PRINCIPLES FROM WEST SIBERIAN MIRE SCIENCE TO HELP UNDERSTAND THE LANDSCAPE ECOHYDROLOGY OF SCOTTISH BLANKET MIRE

O. Bragg

School of Social Sciences (Geography), University of Dundee, Scotland
E-mail: o.m.bragg@dundee.ac.uk

K.E. Ivanov's work on West Siberian mires has strongly influenced the development of peatland research in Scotland, which places emphasis on understanding the close relationships between physical structure and hydrological function which characterise mire ecosystems. Amongst the features that Ivanov described from Siberia were distinctive arrays of mire surface microtopes, arranged in regular zones or catenary sequences which express the interaction of land form with hydrology. A continuous flow line drawn from the summit of a mire to its edge will pass through a succession of microtopes, each with its own characteristic vegetation, microtopography, gradient and water balance; but linked to those lying both upslope and downslope by the fluxes of seepage water that are exchanged between them. The way in which each part of the system receives and disposes of water influences, in turn, the relationships between primary production and decay that determine the system's ability to sequester and store carbon. Moreover, these same processes contribute to other peatland values by determining, for example, the range of habitats available to plants and animals and the way in which water is delivered to streams and rivers.

Ombrogenous mires (bogs) in Scotland show similar arrays of microtopes, although many of them have become degraded under the regime of drainage and burning that traditionally accompanies their use as grouse moor and rough grazing

for sheep, as well as by more direct intervention such as peat extraction and forestry. This poster outlines some research threads that use the approach developed by Ivanov to study the landscape ecohydrology of Scottish peatlands, and thus to work towards an understanding of how the management of peaty land in Scotland might be optimised. These are illustrated for a small (approximately 30 ha) mesotope within a patterned blanket mire in the so-called Flow Country of northern Scotland.

A grid of spacing ca. 50 m was laid out on the surface of the peatland, and this was used as the basis for a detailed survey of surface topography and peat thickness, from which a three-dimensional picture of the mire was assembled. Vegetation quadrats were recorded at some of the survey points, and the arrangement of microtopes was derived from aerial photographs. A novel design of mire lysimeter was used to measure net seepage within microtopes, and thus to derive the average seepage flux – equivalent to Ivanov's *internal water supply* – over three water years. The results indicated that, as in West Siberia, the long-term fluxes of seepage and evapotranspiration are characteristic for each microtope type.

The increasing availability of high-resolution digital elevation data offers exciting possibilities for scaling-up studies of blanket mire structure using GIS, and a preliminary exploration of the potential is illustrated.

ECOLOGY AND RESTORATION OF DRAINED MIRES IN THE ŠUMAVA NATIONAL PARK (CZECH REPUBLIC, CENTRAL EUROPE)

I. Bufková, F. Stíbal, and E. Loskotová

**The Administration of the Šumava National Park, Czech Republic
E-mail: ivana.bufkova@npsumava.cz**

The Šumava National Park belongs to the most important peatland areas in the Central Europe. In spite of high natural values, many peatlands have been disturbed here by drainage for forestry and agriculture purposes in the past. Since 1998, the „Programme of peatland restoration» primarily focused on restoration of disturbed hydrology has been implemented in the area. The main restoration technique used is blocking of drainage ditches by set of board dams. The aim is to rise and stabilise water table and slow down surface outflow artificially accelerated due to drainage. Detailed vegetation mapping, geodetical and hydrology survey are used to determine type and distribution of dams along the ditch. At present, about 500ha of peatlands, usually in the scope of small catchments, have been already restored.

In relation to restoration programme, monitoring of peatlands including both ombrotrophic bogs and surrounding waterlogged spruce forest has been implemented. Both drained and intact peatlands are studied with the aim: i/ to characterise degradation changes induced by disturbed hydrology, and ii/ to evaluate the success of restoration. Wa-

ter table fluctuation, hydrochemistry of groundwater, peat soil chemistry, surface water outflow, amount of precipitation and vegetation on permanent plots (57) have been monitored. Canonical Correspondence Analysis was used to express relationships between abiotic factors and vegetation both on drained and control (intact) sites. Results of measurements performed during pre-restoration phase showed differences between disturbed and intact sites. On drained bog sites, water table was maintained in lower position and exhibited high fluctuation much sensitive to amount of precipitation as compared with control bog sites. pH of groundwater ranged within lower values and DOC concentration was higher on drained bogs. Expansion of *Molinia caerulea* and trees (mostly *Picea abies*) towards bog expanse were recorded on drained bogs as well as dwarf shrub vegetation prevailing at the expense of *Trichophorum caespitosum* lawns and hollows with *Sphagnum*-sedge vegetation. In 2007, restoration of monitored drained sites will be performed and monitoring will continue in the same design to follow development of sites after restoration.

DOES REWETTING OF RAISED BOGS REHABILITATE AQUATIC INVERTEBRATE DIVERSITY? A COMPARATIVE STUDY BETWEEN INTACT, DEGRADED, AND REWETTED RAISED BOGS IN ESTONIA AND THE NETHERLANDS

**G.A. van Duinen^{1,2,3}, A. Leivits⁴, T. Timm⁵, A.M.T. Brock^{1,3},
W.C.E.P. Verberk^{1,3}, Y. Zhuge¹, and H. Esselink^{1,3}**

¹ Bargerveen Foundation, Radboud University Nijmegen, The Netherlands

² Department of Environmental Science, Radboud University Nijmegen, The Netherlands

³ Department of Animal Ecology and Ecophysiology, Radboud University Nijmegen, The Netherlands

⁴ State Nature Conservation Centre, Pärnu-Viljandi Region, Estonia

⁵ Estonian University of Life Sciences, Institute of Zoology and Botany,
Võrtsjärv Limnological Station, Estonia
E-mail: G.vanDuinen@science.ru.nl

INTRODUCTION

Most raised bogs remaining in Western Europe are degraded by drainage and peat extraction, as well as by increased nutrient availability due to deposition of atmospheric N and S. As *Sphagnum* growth is a prerequisite for restoration of raised bogs, restoration in degraded bogs focus on creating suitable hydrological conditions for *Sphagnum* recovery by means of rewetting. To assess the effects of degradation and restoration on the fauna diversity of raised bogs, aquatic invertebrate assemblages were compared between intact Estonian raised bogs (low N and S deposition) and degraded and rewetted bog remnants in The Netherlands (high N and S deposition).

METHODS

In Estonia 31 water bodies were sampled in Nigula bog, Soomaa National Park and Endla Nature Reserve. 47 sampling sites were selected in 7 Dutch bog remnants and divided in two groups: (A) 27 sites in bog remnants that where rewetted 1 to 29 years ago (rewetted sites) and (B) 20 sites in non-rewetted Dutch bog remnants (remnant sites). These remnant sites were water bodies in bog remnants that had not been subject to large-scale rewetting, but remained after ending the former use of bogs before 1950, e.g. abandoned water-filled hand peat cuttings and trenches used in buckwheat culture. Macroinvertebrates were sampled in all sites using a pond net (0.5 mm mesh size). Microinvertebrates were sampled at 20 Dutch sites using 35 µm and 115 µm mesh nets (Van Duinen et al., 2003, 2006b).

RESULTS AND DISCUSSION

Comparison between Estonian and Dutch sites showed that species respond differently to the increased nutrient availability in The Netherlands, which could be linked to differences in their diets (Van Duinen et al., 2006a). Species preferring water bodies with a higher nutrient availability within Estonian bogs are dominant in both degraded and rewetted sites in The Netherlands. The cumulative species richness (Fig.1) and species composition of microinvertebrates (Rotifera, Copepoda, Cladocera) did not differ between Dutch remnant sites and rewetted sites (Van Duinen et al., 2006b). However, this is not the case for macroinvertebrates, like chironomids and beetles. The cumulative species richness for macroinvertebrates (Fig.1) and the variation in species composition between sites (Beta diversity) was much lower at rewetted sites than at non-rewetted sites, both for all species and for characteristic species (Van Duinen et al., 2003). This shows that many rare macroinvertebrate species characteristic of bogs (possessing traits such as low dispersal capabilities, slow growth and high tolerances to acidity and temporary drought) had been able to survive the slow process of degradation, persisting as relic populations in Dutch degraded bog remnants. However, these species are unable to cope with the rapid, large scale rewetting of the sites during restoration and the subsequent lower habitat diversity. The difference between micro- and macroinvertebrates in their response to rewetting is probably due to the less complex lifecycle of microinvertebrates and their easy dispersal by wind.

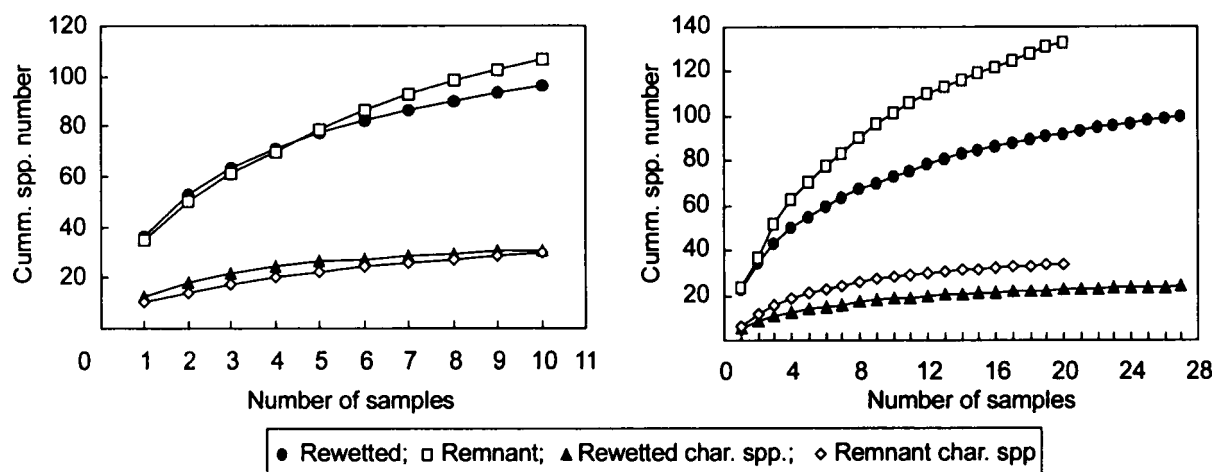


Fig. 1. Cumulative species richness curves for all species and for characteristic species of microinvertebrates (left) and macroinvertebrates (right) in rewetted sites and non-rewetted remnant sites in Dutch bog remnants.

CONCLUSIONS

Degradation of Dutch raised bogs has resulted in the loss of both the nutrient-poor parts of the landscape and transitions to minerotrophic parts of the bog system. Both parts are not yet restored in bog remnants. Increased nutrient availability hampers restoration of the species assemblages of nutrient-poor bog pools. Invertebrate species respond differently to degradation and restoration, due to differences in their diet, lifecycles, dispersal capabilities and tolerance. Sudden changes induced by large-scale rewetting should be avoided to preserve present relic populations of rare and characteristic species that persisted during the

process of degradation. These populations may become sources for colonisation of restored sites.

ACKNOWLEDGEMENTS

Staff members of Endla, Soomaa and Nigula Nature Reserve, Staatsbosbeheer, Vereniging Natuurmonumenten and Stichting het Limburgs Landschap gave permission to enter their reserves and to take samples. Our students and colleagues are acknowledged for their assistance with field work, identification and chemical analysis. This research was funded by the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

REFERENCES

1. Van Duinen G.A., Brock A.M.T., Kuper J.T., et al. Do restoration measures rehabilitate fauna diversity in raised bogs? A comparative study on aquatic macroinvertebrates // *Wetlands Ecology and Management*. – 2003. – V. 11. – P. 447 – 459.
2. Van Duinen G.A., Timm T., Smolders A.J.P., et al. Differential response of aquatic oligochaete species to increased nutrient availability – a comparative study between Estonian and Dutch raised bogs // *Hydrobiologia*. – 2006a. – V. 564. – P. 143 – 155.
3. Van Duinen G.A., Zhuge Y., Verberk W.C.E.P., et al. Effects of rewetting measures in Dutch raised bog remnants on assemblages of aquatic Rotifera and microcrustaceans // *Hydrobiologia*. – 2006b. – V. 565. – P. 187 – 200.

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ЗАПАДНОСИБИРСКИХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТАХ

Е.А. Головацкая, Е.Е. Ляпина, Ю.И. Прейс

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

E-mail: golovatskaya@imces.ru

Представлены результаты исследования содержания ртути в торфах разных торфяных месторождений Томской области. Показывается возможность использования торфяных месторождений в качестве индикатора загрязнения окружающей среды ртутью и архива атмосферного депонирования ртути.

Анализ распределения ртути по типам почв подтвердил известную закономерность – наиболее высокие концентрации ее свойственны почвам, обогащенным органическим веществом, прежде всего торфяно-болотным почвам. За счет высокой сорбционной способности торфяная залежь накапливает промышленные аэрозоли.

Для анализа содержания ртути были отобраны образцы торфа на разных торфяных месторождениях Томской области. Содержание ртути в торфе определяли ртутным газоанализатором РГА-11. Результаты исследования показали наличие концентраций ртути в торфах в значениях, не превышающих ПДК, но выше значений, соответствующих доиндустриальной эпохе. Все глубинные профили содержания ртути в исследуемых болотных экосистемах имеют похожий вид, максимальные значения наблюдаются в верхней части профиля с по-

следующим снижением. Однако разные виды торфа имеют различное содержание ртути, что связано с особенностями ботанического состава торфа и степени разложения. Концентрации ртути в придонных слоях торфа соответствуют содержанию ртути в подстилающих породах.

Наличие повышенных концентраций Hg в болотных массивах Западной Сибири говорит о глобальном атмосферном переносе ртути. Высокая «технофильность» ртути приводит к тому, что на любых, не только урбанизированных территориях, отмечаются повышенная загрязненность ею почв, торфов и донных отложений. Особенности развития болотообразовательного процесса торфяных месторождений и сведения о производстве и потреблении ртути в мире могут использоваться для разработки методов датирования торфяной залежи, аналогично анализам, проводимым по цезию и свинцу.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.В. Головченко¹, Л.И. Инишева²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: sbc@soil.msu.ru

² Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия
E-mail: agroecol@tspu.edu.ru

На ландшафтном профиле естественной болотной экосистемы, расположенной на отрогах Васюганского болота, проведен трёхлетний мониторинг за показателями микробного обилия. Торфяники, занимающие элювиальную, транзитную и трансаккумулятивную позиции ландшафтного профиля, характеризовались высокой численностью разных групп микроорганизмов. С глубиной численность одних микроорганизмов резко убывала (мицелий грибов не обнаруживали на глубине 1 – 3 м), других – плавно уменьшалась вниз по профилю (бактерии, актиномицетный мицелий и споры грибов). Природная вариабельность численности и концентрации микроорганизмов была выявлена по всему профилю торфяников. Запасы микробной биомассы, рассчитанные на весь профиль торфяников, достигали значительных величин – 13 т/га. Доля углерода микробной биомассы не превышала 3% от общего углеродного пула.

На ландшафтном профиле естественной болотной экосистемы, расположенной на отрогах Васюганского болота, проведен трёхлетний мониторинг за показателями микробного обилия. В элювиальной (осоково-сфагновая топь), транзитной (низкий рям) и трансаккумулятивной (высокий рям) частях ландшафтного профиля с помощью люминесцентно-микроскопического метода (Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1991) изучено вертикальное распределение основных групп микроорганизмов, оценены запасы микробной биомассы, рассчитана доля углерода микробной биомассы от общего углеродного пула залежи.

Торфяная залежь ландшафтного профиля характеризовалась высокой численностью разных групп микроорганизмов: грибной мицелий измерялся километрами, актиномицетный – сотнями метров; численность грибных спор составляла десятки-сотни млн спор/г, бактерий – десятки-сотни млрд клеток/г торфа. Средние значения находились в диапазоне для грибного мицелия – 1,5 – 2 км/г; актиномицетного мицелия – 400 – 500 м/г; грибных спор – 50 – 70 млн спор/г; бактерий 30 – 40 млрд клеток/г. С глубиной численность одних микроорганизмов могла резко убывать (мицелий грибов не обнаруживали на глубине 1 – 3 м), а могла быть сравнима с таковой в верхних горизонтах или плавно уменьшаться вниз по профилю (бактерии, актиномицетный мицелий и споры грибов).

Концентрация микроорганизмов (содержание микробной биомассы, рассчитанное на грамм сухого торфа) в торфяных залежах варьировала от 2 до 50 мг/г. Полученный массив данных был проанализирован с помощью

трёхфакторного дисперсионного анализа, где рассматриваемыми факторами были: «глубина залегания торфа», «позиция торфяника в ландшафтном профиле» и «год исследования». Было показано, что концентрацию микроорганизмов в большей степени определяла глубина залегания торфа, которая в рассматриваемых залежах тесно связана с типом торфа. Верховой торф, расположенный в верхней части профиля, последовательно сменяли переходные и низинные торфы, занимающие средние и глубокие слои залежей. Переход от верхового торфа к низинному сопровождался убыванием концентрации микроорганизмов. Концентрация микроорганизмов достоверно зависела и от позиции торфяника, занимаемой на ландшафтном профиле. Она была выше в торфянике, занимающем трансаккумулятивную позицию и выполняющем роль геохимического барьера на ландшафтном профиле. Влияние года исследования оказалось значимым только для концентрации грибных спор, которая была выше в году с минимальным количеством осадков. В этот год грибные споры достигали максимальных величин в диаметре, причём на всех глубинах торфяных залежей. Сезон как фактор оказывал влияние на концентрацию микроорганизмов преимущественно в верхней метровой толще, где и была выявлена сезонная динамика рассматриваемого показателя обилия.

Запасы микробной биомассы в торфяных залежах ландшафтного профиля варьировали в слое 0 – 50 см от 41 до 996 г/м², в толще 50 – 100 см от 63 до 422 г/м², на глубине 100 – 300 см от 191 до 473 г/м². Таким образом, амплитуда колебаний микробной биомассы в

зависимости от года и сезона исследования была гораздо выше в верхней полуметровой толще, чем на глубине. Микробная биомасса в верхнем метровом слое залежей варьировала от 2 до 13 т/га и была выше в трансаккумулятивной части профиля, чем в транзитной и элювиальной. Расчёт микробной биомассы на всю толщу (3 м) мощных торфяников выявил более высокие показатели в элювиальной части ландшафтного профиля (5 – 13 т/га), чем в транзитной (3 – 10 т/га).

Доля углерода микробной биомассы от общего углеродного пула залежи в исследуемых торфяных залежах ландшафтного профиля не превышала 3% в верхних слоях залежи, 2% – в слое 50 – 100 см и 0,2% – на глубине 100 – 300 см. Низкая доля углерода микробного происхождения в общем углеродном пуле, выявленная нами в исследуемых торфяниках, обусловлена колоссальными запасами в них растительной мёртмассы.

Таким образом, вариабельность показателей обилия (пространственная и временная) была выявлена нами по всему профилю торфяников, однако амплитуда колебаний была выше и максимальные значения встречались чаще в верхней метровой толще. С глубиной численность одних микроорганизмов резко убывала (грибной мицелий не обнаруживали глубже 1 м), обилие других было сравнимо с таковым в верхних горизонтах или плавно уменьшалось вниз по профилю (бактерии, актиномицетный мицелий, споры грибов). Как известно, по биофизическим свойствам торфяную залежь делят на два горизонта: деятельный и инертный (Иванов, 1948; Лопатин, 1949 и др.). Границу деления слоёв проводят по среднему многолетнему минимальному уровню болотных вод (УБВ), наблюдающемуся в течение теплого периода года. Для наших объектов этот уровень на ландшафтном профиле в трансаккумулятивной, транзитной и элювиальной частях соответственно равен 49, 21 и 11 см (Инишева и др., 2001). Однако, следует заметить, что слои

ландшафтного профиля, проходящие по биофизическим и гидрологическим характеристикам как деятельные, не отличаются от нижележащих слоёв по анализируемым нами микробиологическим показателям. Не подтверждают эти границы и другими показателями, полученными для болот исследуемого региона. Так, исследования ферментативной активности целлинных торфяных болот показали, что они активны по всему профилю (Савичева, Инишева, 2000). Мощность деятельного слоя олиготрофных болот в условиях естественного залегания была выше, чем выявленная по УБВ, если за границу перехода к восстановительным условиям принимали окислительно-восстановительный потенциал = 0 мВ (Инишева, 1992).

Таким образом, граница между деятельным и инертным слоями в понимании гидрологов перестаёт быть таковой в понимании микробиологов. Известно, что между численностью и активностью микроорганизмов в почвах не существует прямой корреляции и высокая степень насыщенности почвы микробными группировками ещё не свидетельствует об активности в ней микробного комплекса. Более представительными в проведении границы между слоями залежи в этом случае были бы показатели активности процессов, протекающих на разных глубинах. Однако эту информацию трудно получить экспериментально, и на данном этапе мы можем говорить лишь о потенциальной активности тех или иных процессов. Гораздо важнее, на наш взгляд, не делить залежь на деятельный и инертные слои и затем исследовать только активные, а изучать всю залежь целиком, вплоть до подстилающих пород, так как процесс торфообразования (биохимический по своей сущности) не ограничивается только поверхностным слоем, а в замедленном темпе продолжается и в более глубоких слоях (Ефимов, 1986).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-00252.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 128 с.
2. Иванов К.Е. О фильтрации в поверхностном слое выпуклых болотных массивов // Метеорология и гидрология. – 1948. – № 2. – С. 46 – 59.
3. Инишева Л.И. Почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций. – Томск: ТГУ, 1992. – 270 с.
4. Инишева Л.И., Дементьева Т.В., Инишев Н.Г. // Вопросы географии Сибири. – Томск: ТГУ, 2001. – Вып. 24. – С. 183 – 189.
5. Лопатин В.Д. О гидрологическом значении верховых болот // Вестник ЛГУ. – 1949. – № 2. – С. 37 – 49.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 303 с.
7. Савичева О.Г., Инишева Л.И. Биологическая активность торфяных болот // Сибирский экологический журнал. – 2000. – № 5. – С. 607 – 614.

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ МЕЗОТРОФНЫХ БОЛОТ НА ЮГО-ЗАПАДЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ И ИХ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Н.Н. Гончарова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
E-mail: gnn1516@rambler.ru

Болотные системы играют важную роль в поддержании экологического равновесия биосферы, особенно, в водном его обеспечении. Болотные местообитания, благодаря специфическим экологическим условиям, являются хранителями оригинальной (болотной) флоры и фауны, в том числе редких и хозяйственно-ценных видов растений и птиц. В свете усиливающегося антропогенного воздействия на природные экосистемы, в том числе и болотные, остро встает вопрос о необходимости их сохранения и устойчивого использования (Горчаковский, 1979; Водно-болотные..., 1999; Болотные системы..., 2001). В связи с этим данные о структуре растительного покрова, представленные в виде крупномасштабных карт, становятся все более актуальными. Была детально исследована структура растительного покрова 12 болотных массивов, расположенных на востоке Европейской России, в южной части Республики Коми (59° 00' – 61° 00' с.ш. и 48° 00' – 50° 30' в.д.).

По типу питания, растительному покрову и торфяной залежи основная часть болот района относится к мезотрофным. Своеобразие их заключается в том, что в структуре растительного покрова четко прослеживается связь с развитием и динамикой русла реки. Болота представ-

ляют собой разные стадии зарастания бывших участков реки (сохранилась форма меандра, бывшие прирусловые валы и т.п.). Впервые в данном районе выявлены и описаны аапа болота. В отличие от типичных аапа (Карельских, Печоро-Онежских) на исследованных болотах гребетротрофность грядово-мочажинных комплексов выражена слабо, а окраины болот более евтрофны, чем центральная часть, и более обводнены.

Растительность большинства болот на аэрофотоснимках выглядит гомогенной. Для того чтобы четче выявить пространственные закономерности структуры растительного покрова, для картографирования были отобраны 3 болота – 1 переходное и 2 аапа болота. Опыт крупномасштабного геоботанического картографирования впервые проведен для мезотрофных болот. Сложности процесса их картирования связаны с отсутствием четко выраженных границ в их растительном покрове, значительной континуальностью и лабильностью выделяемых комплексов и других категорий их растительного покрова. Но установить в природе и отразить на карте границы между ними невозможно, настолько постепенны, континуальны переходы между ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – Тула, 2001. – 584 с.
2. Водно-болотные угодья России. Том 2. Ценные болота. – М., 1999. – № 49. – 88 с.
3. Горчаковский П.П. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Ботан. ж. – 1979. – Т. 64. – С. 1697 – 1714.

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БОЛОТ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЗЮРАТКУЛЬ» (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Т.Г. Изченко

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

E-mail: ivchenkotat@mail.ru

*Проведен анализ структуры и типологического разнообразия растительного покрова южно-уральских горных болот, расположенных на территории Национального парка «Зюраткуль». Выявлено преобладание лесных болотных участков, разного типа питания, среди которых более распространены евтрофные сообщества с доминированием *Picea obovata*, расположенные вдоль берегов рек. Описаны кочковато-мочажинные и грядово-мочажинные комплексы, наличие которых связано с горным рельефом. Особое внимание уделено редким и исчезающим видам растений.*

Национальный парк «Зюраткуль» расположен в западной части Челябинской области, в 15 – 20 км к югу от г.Сатки. Это наиболее высокогорная часть Южноуральских гор. В центральной части парка расположен хребет Нургуш, его наивысшая точка (1406,2 м) является третьей по высоте на Южном Урале. Территория парка изрезана большим количеством горных ручьев и рек. В южной части основной водосборной магистралью является р. Юрюзань. В северной — бассейн озера Зюраткуль, это наиболее заболоченная часть парка. Котловина озера эрозионно-тектонического происхождения. Озеро проточное, в него впадает более 9 рек, вытекает одна – Б. Сатка. Горный рельеф территории определяет наличие высотной поясности, в т.ч. поясов: темнохвойных лесов, субальпийских и альпийских лугов и горных тундр (Куликов, 2004). Общая площадь болотных массивов НП «Зюраткуль» 107 га, что составляет 0,1% от общей площади парка. Несмотря на такую малую степень заболоченности, горные болота играют важную роль в водном обеспечении и поддержании экологического равновесия экосистем Южного Урала и сопредельных территорий. В 2005 г. на данной природоохранной территории были проведены исследования естественной болотной растительности, изучены ее флористический состав, структура, типологическое разнообразие и особенности распределения.

В ходе исследований были охвачены болотные растительные сообщества разного типа питания, от евтрофных до олиготрофных. Среди изученных нами растительных сообществ болот наиболее распространены лесные болотные участки, все разнообразие которых можно представить в виде эколого-пространственного ряда. В наиболее богатых условиях минерального питания (вдоль р. М. Кыл) развиваются березово-елово-вейниково-осоковые (*Betula*

pubescens + *Picea obovata* – *Calamagrostis obtusata* + *Carex juncella*) сообщества. Для них характерен кочковатый микрорельеф. Кочки образованы приствольными повышениями и кочкообразующими осоками. На приствольных повышениях произрастают типично бореальные виды растений: *Linnaea boreale*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Trientalis europaea* и др. Это говорит о переходном характере данных сообществ от лесных к болотным, pH = 5,3. Преобладают виды лесо-болотной и лугово-болотной приуроченности. Из охраняемых редких видов встречаются *Pyrola rotundifolia*, *Corallorrhiza trifida* и редкий лугово-болотный вид – *Sphagnum wulfianum* (Дьяченко, 1999).

Более заболоченные места заняты березово-елово-осоково-морозово-сфагновыми сообществами (*Betula pubescens* + *Picea obovata* – *Carex loliacea* + *C. disperma* + *Rubus chamaemorus* – *Sphagnum warnstorffii*). Для них характерен более сглаженный микрорельеф, незначительные перепады образованы приствольными повышениями. Здесь произрастают виды, такие же, как и в предыдущих сообществах, являющиеся типичными для бореальной флоры, но их обилие уменьшается и увеличивается процент болотных видов. Из охраняемых и редких растений встречаются *Corallorrhiza trifida*, *Goodyera repens* и др. (Кучеров с соавт., 1987). Моховой покров занимает 80%.

Постепенно условия питания древесного яруса становятся все более бедными, доминирующая роль от ели и березы переходит к сосне. Сначала развиваются елово-березово-сосново-осоково-морозово-сфагновые сообщества (*Picea obovata* + *Betula pubescens* + *Pinus sylvestris* – *Carex loliacea* + *C. chordorrhiza* + *C. pauciflora* + *Rubus chamaemorus* – *Sphagnum wulfianum* + *S. warnstorffii*). Микрорельеф данных фитоценозов сглажен моховым ковром. Перепады высот образованы при-

ствольными повышениями и составляют 15 – 20 см, pH = 3,3. Увеличивается доля и видовой состав охраняемых редких видов – *Corallorrhiza trifida*, *Dactylorhiza fuscii*, *Goodyera repens*, *Rubus chamaemorus*, *Carex disperma* и др. Доля мохового покрова достигает 80 – 90%.

Завершают эколого-пространственный ряд сосново-морошково-кустарничково-сфагновые сообщества (*Pinus sylvestris* – *Rubus chamaemorus* + *Vaccinium myrtillus* + *Oxycoccus palustris* – *Sphagnum angustifolium* + *S. magellanicum*), расположенные по правому берегу р. М. Кыл. Микрорельеф сглажен сплошным сфагновым ковром. Перепады образованы приствольными повышениями (высотой (*h*) 20 – 30 см, диаметром (*d*) 1×1, 2×2,5 м), pH=3,4 – 3,8. В древесном ярусе доминирует *Pinus sylvestris* f. *uliginosum* (*h* = 6 – 8 м, *d* = 10 – 15 см). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса сокращается до 40 – 50%, из осок преобладает *Carex pauciflora*, среди кустарничков кроме доминирующих произрастают *Oxycoccus microcarpus*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. В данных сообществах по сравнению с предыдущими уменьшается доля морошки и увеличивается количество клюквы. В моховом покрове доминируют мезо-олиготрофные и олиготрофные виды сфагновых мхов. На приствольных повышениях произрастают лесные листостебельные мхи *Pleurozium schreberi* и *Ptilium crista-castrensis*.

Описанным выше фитоценозам характерно мозаичное строение. На Зюраткульском болоте были изучены болотные участки, имеющие комплексную структуру. Встречены кочковато-мочажинные и грядово-мочажинные комплексы. Существование грядово-мочажинного комплекса на данном болоте возможно благодаря горному рельефу и повышенному направленному поверхностному стоку. На грядах развиты сосново-голубично-сфагновые сообщества (*Pinus sylvestris* – *Vaccinium uliginosum* – *Sphagnum magellanicum* + *S. fuscum*). В мочажинах – дернинно-пухляково-сфагновые (*Baeothryon*

cespitosum + *Sphagnum majus*) и топяно-осоково-сфагновые сообщества (*Carex limosa* + *Sphagnum majus*). Травяно-кустарничковый ярус на грядах представлен *Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Среди травянистых растений отмечены *Carex pauciflora*, *Luzula pilosa*, *Drosera rotundifolia*, *Baeothryon alpinum*, *Eriophorum vaginatum*.

Мезотрофные осоково-сфагновые растительные сообщества распространены по окраине Зюраткульского болота. Микрорельеф волнистый, сглаженный сплошным сфагновым покровом, pH = 5,0. Древесный ярус либо отсутствует, либо его проективное покрытие не превышает 5%. Кустарнички представлены *Vaccinium uliginosum*, *Oxycoccus palustris*. Среди осок доминируют *Carex rostrata*, *C. limosa*, *C. lasiocarpa*, среди мхов – *Sphagnum squarrosum*, *S. teres*, *S. riparium*, *S. obtusum*. Данные растительные сообщества в наибольшей степени испытывают антропогенное влияние, так как здесь простирается сеть осушительных каналов, местное население проводит сбор ягод, оказывает влияние, в результате систематических сбросов, понижение уровня воды в озере Зюраткуль.

Изученные нами болотные сообщества НП «Зюраткуль», несмотря на их относительно небольшую площадь, выполняют важную гидрологическую роль и являются резерватами гено- и ценофонда растительности, свойственной переувлажненным местообитаниям. Здесь произрастают редкие и исчезающие, ценные лекарственные и полезные виды, большая часть которых связана именно с болотными местообитаниями. В связи с этим охарактеризованные в данной работе сообщества болот следует включить в качестве эталонных участков в систему регионального фитомониторинга, часть из них может быть использована в просветительских целях и включена в состав экологической тропы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко А.П. Флора листостебельных мхов Урала. – Екатеринбург, 1999. – 384 с.
2. Куликов П.В. Сосудистые растения национального парка «Зюраткуль» (анотированный список видов). – М., 2004. – 88 с.
3. Кучеров Е.В., Мулдашев А.А., Галеева А.Х. Охрана редких видов растений на Южном Урале. – М., 1987. – 208 с.

БОЛОТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»

С.Е. Коркин

Нижевартовский государственный гуманитарный университет, Нижневартовск, Россия

E-mail: lena_d_nv@mail.ru

В настоящее время важно знать, на сколько происходит изменение болотных комплексов в пределах широтного отрезка Среднего Приобья в связи с активным преобразованием естественных и антропогенных факторов. В представленной статье приводятся и анализируются данные о полевых наблюдениях, полученные на территории Природного парка «Сибирские Увалы» за период с 2002 по 2006 г. с привлечением фоновых материалов.

Процессы заболачивания в пределах исследованной территории развиты чрезвычайно широко. По характеристике В.В. Бронгулеева, М.П. Жидкова, А.Г. Макаренко (2003) современных экзогеодинамических режимов Западной Сибири территория Среднего Приобья оценивается режимом, в котором доминирующим процессом является болотный морфогенез. В пределах долинных комплексов наибольшие площади приурочены к I и II надпойменным террасам. На пойме они развиты слабее и, как правило, приурочены к притеррасным понижениям.

Наибольшее распространение по площади имеют обширные плоские (равнинно-западинные) болота в комплексе с грядово-мочажинными, грядово-озерковыми и грядово-озерными, приуроченные к увалистой водораздельной поверхности (рис. 1).

Современное развитие болотного типа экзогенных процессов в пределах природного парка обладает прогрессивными особенностями. Болота при высоком переувлажнении наступают на лесные участки (рис. 2). Интенсивное заболачивание идет при наличии сформировавшегося на границе лесного массива водоупорного ортштейнового горизонта. Этот естественный водоупор способствует задержанию воды на поверхности и превращению лесных участков в обводненные болота.

В коллективной монографии (Лисс, Абрамова, Аветов и др., 2001), раскрывающей единую концепцию болотообразовательного процесса, приводятся средние скорости вертикального торфонакопления для северной тайги – 0,37 мм/год. Для болотного массива, обрамляющего озеро Сомотлор, приводятся данные 0,32 мм/год, при возрасте торфяной толщи 7700 ± 60 лет и средней мощности 2,5 м (Лисс, Березина, Куликова, 1976). Приведенную скорость торфонакопления нельзя считать одинаковой для всего болотного массива, так как отличия будут наблюдаться в пределах мочажин,

гряд и озерков. Данная скорость – общий количественный показатель. В настоящее время заболачивание происходит за счет прироста существующих болотных систем вширь.



Грядово-мочажинный



Грядово-озерковый

Рис. 1. Примеры болотных комплексов, характерных для территории Природного парка «Сибирские Увалы»

К.Е. Иванов и Е.А. Шумкова (1967) обуславливают границы распространения болот в зоне избыточного увлажнения полосой дренируемости рек, зависящей от глубины вреза речного русла, рельефа поверхности междуречного пространства и водопроницаемости его грунтов. М.И. Нейштадт (1977) оценивает ежегодную площадь заболачивания в Западной Сибири в 8000 га. Исследования болотных систем на северо-западе европейской части России, вы-

полненные Г.Ф. Кузьминым (1993, 1998), показали, что горизонтальная скорость заболачивания в голоцене составила от 3,7 до 167 см/год. Приведенные выше данные свидетельствуют о прогрессирующем заболачивании рассматриваемой нами территории. Обусловлен данный процесс в первую очередь характером рельефа, климатическими условиями, литологическим составом поверхностных отложений, уровнем залегания грунтовых вод.



Рис. 2. Пример, свидетельствующий о прогрессирующем заболачивании территории Природного парка

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронгулеев В.В., Жидков М.П., Макаренко А.Г. Современные экзогеодинамические режимы // ДАН. – 2003. – Т. 388. – № 6. – С. 817 – 820.
2. Иванов К.Е., Шумкова Е.А. Гидрологическое обследование и расчет выпадения леса и расширение площадей естественного заболачивания при подтоплениях в речных системах // Тр. ГГИ. – 1967. – Вып. 145. – С. 3 – 26.
3. Кузмин Г.Ф. Болота и их использование // Сб. науч. трудов ВНИИТП. – СПб., 1993. – Вып. 70. – 139 с.
4. Кузмин Г.Ф. Месторождения торфа северо-запада России и их использование: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. – СПб., 1998.
5. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение – Тула: Гриф и К, 2001. – 584 с.
6. Лисс О.Л., Березина Н.А., Куликова Г.Г. Возраст болот центральной части Западно-Сибирской равнины // Природные условия Западной Сибири. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – Вып. 6. – С. 69 – 86.
7. Нейштадт М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. – М.: Наука, 1977. – С. 39 – 47.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И РЕДКИЕ ВИДЫ НА БОЛОТАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЮГРЫ

Г.М. Кукуричкин

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
E-mail: lesnik72@mail.ru

Приведены сведения о пространственном распределении и классификации болотных сообществ в бассейне р. Сабун. Синтаксономический анализ основан на принципах эколого-фитоценотической классификации. По составу доминантов и индикаторных групп видов выделено 2 типа, 4 формации и 15 ассоциаций болотной растительности. Выявлены новые местонахождения редких и заслуживающих особой охраны видов растений.

Бассейн р. Сабун (крупнейший правый приток р. Вах, Западная Сибирь) расположен в средней тайге, самая северная часть бассейна отнесена к северной тайге (Атлас..., 1971; Растительный покров..., 1985). Изучение растительного покрова бассейна р. Сабун начато нами в 1997 г. (Кукуричкин, 2005, 2006 и др.). Флора и растительность болот исследовалась в пешеходных маршрутах на северо-западе и северо-востоке природного парка «Сибирские Увалы» (междуречье Глубокого Сабуна и Сарм-Сабуна), а также в ходе небольших пешеходных экскурсий при сплаве по р. Сабун (преимущественно долинные болота).

Река Сабун на большей части своего течения свободно меандрирует, образуя множество постепенно заболачивающихся стариц. Здесь формируются эвтрофные и мезотрофные мелкозалежные болота долинного типа. Частично они облесены. Наиболее крупные пойменные болотные массивы приурочены к приустьевым участкам притоков Сабуна (флористически богатые комплексы сообществ на сильно обводненных аллювиальных экотопах низкого экологического уровня с ярко выраженной мозаичностью микрорельефа) и к притеррасным участкам древней поймы (сравнительно однородные травяно-, реже кустарничково-сфагновые болота на практически неаллювиальных экотопах так называемых голоценовых террас).

На водоразделах болотные экосистемы приобретают доминирующее положение. Это огромные грядово-мочажинные и грядово-озерковые комплексы задровых полей, образующие ландшафт Вахского полесья. Здесь распространены различные типы олиготрофных торфяных болот, по окрайкам которых обычны рямовые сообщества. В северо-восточной части бассейна отмечены случаи мерзлотного пучения, небольшие распадающиеся бугры, редко облесенные кедром и березой.

Растительность болот отнесена к двум типам (гигрофильнохвощевая и гигрофильно-

моховая растительность) и четырем формациям эколого-фитоценотической классификации. Формации растительности моховых болот приняты широко, учитывая известную замещаемость сфагновых мхов.

Формация *Equiseteta fluviatilis* на обводненных долинных болотах с грунтовым типом питания представлена полидоминантными сообществами хвоща топяного – асс. *Equisetetum fluviatilis uliginiiherbetum* с *Comarum palustre*, *Carex aquatilis*.

Формация *Herbosphagneta* – травяно-сфагновые сообщества, без пушицы влажалолюбивой. В моховом покрове доминируют различные сфагны (*Sphagnum riparium*, *S. angustifolium*, *S. fimbriatum*, *S. squarrosum*, *S. flexuosum* и др.). В районе исследований формация представлена несколькими ассоциациями: *Herbosphagnetum caricorum limosae*, *Herbosphagnetum menyanthosum*, *Herbosphagnetum caricorum rostratae*, *Herbosphagnetum caricorum aquatilis*, *Herbosphagnetum betuletosum nanae*, *Herbosphagnetum betuloso-pinosum*.

Формация *Sphagneta cuspidati* объединяет топяные олиготрофносфагновые сообщества с разреженным травяным покровом (*Eriophorum* spp., *Sheuchzeria palustris*, *Carex limosa*) и мощным ковром сфагновых мхов секции *Cuspidata*: *Sphagnetum cuspidati eriophorosum vaginatum*, *Sphagnetum cuspidati eriophorosum russeoli*, *Sphagnetum cuspidati caricorum limosae*.

Формация *Sphagneta angustifoliae* – кустарничково-сфагновые сообщества – характерна для положительных элементов микрорельефа торфяных болот. Иногда единично присутствуют деревья (болотные формы сосны), хорошо развит травяно-кустарничковый ярус (*Betula nana*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Andromeda polifolia*, *Rubus chamaemorus*, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia*, *Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*). Моховой ярус обычно состоит из *Sphagnum angustifolium*,

Section 2. Mire Ecology and Biodiversity Conservation

S. fuscum, с примесью *S. magellanicum*. Основные ассоциации: *Sphagnetum angustifolii meny-anthoso-sphagnosum fuscii*, *Sphagnetum angustifolii fruticulosum*, *Sphagnetum angustifolii pinosum sibiricae*, *Sphagnetum angustifolii magno-pinosum*, *Sphagnetum angustifolii nano-pinosum*.

При изучении болот выявлены местонахождения ряда заслуживающих особой охраны видов, внесенных в Красные книги РСФСР (1988), Ханты-Мансийского автономного округа (2003), Тюменской области (2004): *Rhynchospora alba* (встречен в нижней части бассейна р. Сабун, в мочажинах верхового болота), *Dactylorhiza traunsteineri* (встречен на разных участках течения – на верховых и переходных болотах, в разреженных сфагновых лесах с повышенным минеральным питанием), *Pinguicula* cf. *villosa*

(отмечена на невысоких грядах среди кустарничков на переходном осоково-сфагновом болоте в северо-восточной части природного парка). Первые два вида имеют статус уязвимых видов, а жирянка – редкого вида.

Поскольку факт нахождения вида на периферии своего ареала является важным критерием для охраны и даже внесения в Красную книгу, мы считаем необходимым рекомендовать Комиссии по редким и находящимся под угрозой исчезновения животным, растениям и грибам обратить внимание на ряд видов, для которых установлены границы распространения в бассейне р. Сабун и которые не вошли в вышеперечисленный список: *Galium trifidum* (на северной границе ареала), *Carex rariflora* (на южной границе ареала).

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Тюменской области. – М., Тюмень, 1971.
2. Красная книга РСФСР (растения). – М., 1988.
3. Красная книга Тюменской области. – Екатеринбург, 2004.
4. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа: животные, растения, грибы. – Екатеринбург, 2003.
5. Кукуричкин Г.М. Ландшафтно-геоботаническая характеристика поймы реки Сабун: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 2005.
6. Кукуричкин Г.М. Итоги и перспективы ботанических исследований в бассейне реки Сабун // Биологические ресурсы и природопользование в Ханты-Мансийском автономном округе: проблемы и решения. – Сургут, 2006.
7. Растительность Западной Сибири / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. – Новосибирск, 1985.

LANDSCAPE-ECOLOGICAL MIRE CLASSIFICATION ON THE TERRITORY OF SIBERIAN HIGH TOWER FOOTPRINT NEAR ZOTINO (YENISSEY ADJACENT PART OF MIDDLE TAIGA OF WEST SIBERIA)

E.D. Lapshina¹, I.V. Filippov¹, and D. Mollicone²

¹ Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

² Max-Planck Institute of Biogeochemistry, Jena, Germany

E-mail: e_lapshina@ugrasu.ru

It is known northern peatlands play a significant role in the global carbon and water cycles exchanging CO₂ and CH₄ with the atmosphere through plant photosynthesis and decomposition of plant materials. The large range of estimated values of peatland carbon pools depend on different methodologies of assessment as well as on large uncertainties in the peatland areas, their depth estimate and the peat mass per volume data (Vompertsky et al., 1999). High diversity of mire types and their peat deposits composition were also not taking into account. Recent estimates of the carbon accumulation in the northern boreal and sub-boreal peatlands shown, that the high ecological heterogeneity of peatlands leads to significant variation in rates of carbon accumulation (Lapshina, Pologova, 2001).

To calculate the total amount of carbon stored in the West Siberian bogs it is necessary to determine the area of the different mire types. Because the bogs in West Siberia are large and difficult to explore no detailed maps of the different mire types are available.

The new GIS technologies and availability of satellite images of high resolution all over the world could be a promising source of thematic information about the distribution of the Western Siberian bogs. At the same time for the accurate interpretation of peatland diversity on the base of satellite images detailed quality ground truth information is necessary.

In August 2006 the field expedition to the eastern part in of Western Siberia bordering Yenissey between his two left tributaries – Sym and Dubches was organize and carry out in order to collect a detailed quality ground data about mire landscape diversity.

There is only limited factual information about vegetation of peatlands in the study area on the left bank of Yenissey River region in the Middle taiga of Western Siberia (Glebov 1965, 1969; Karpenko, 1986).

During the survey work a large number of test sites on the most typical kind of different mire types within the key area were visited and studied, where more than 450 vegetation relevés with full

list of plant species were made. In addition to field surveys data about 50 mire relevés from the archive data of Sukachev Forest Institute in Krasnoyarsk in processing of mire classification and interpretation of Landsat images were involved. In total about 500 mire vegetation relevés were used for the distinguishing of different type of peatlands and creation of mire classification on territory of Siberian High Tower footprint near Zotino.

Landscape-ecological mire classification has been created on the base of knowledge acquired by field surveys, available published and archive data, using Landsat7 images (resolution 15 m).

Up to 6 generalized mire types with subtypes have been distinguished and described within the 100x100 km² study area situated to the south and southwest from the High Tower: 1 – waterlogged ridge-sphagnum lawns complex & water tracks, 2 – ridge-hollow complex (with and without lakes & pools), 3 – pine-dwarf shrubs-sphagnum bogs ('ryam'), 4 – dwarf shrubs-cotton grass-sphagnum bogs ('open bog'), 5 – minerotrophic sedge-moss fens & string-flark complexes, 6 – wooded swamps ('sogra'). Two types from these mire types: ryam and minerotrophic sedge-moss fens are divided in subtypes.

There are two the most widespread oligotrophic mire complexes with a wide spread of lakes and pools: 1 – ridge-sphagnum lawns complex & water tracks and 2 – ridge-hollows complex, which are differed to the ordered and disordered correspondingly according to the degree of water flow evidence.

The developed classification of mire types is rather generalized, but these kinds of peat land unit (mire types) are very well recognized on the base of satellite images of high resolution and can be used as a base for the quantification and spatial extrapolation of characteristics of peat ecosystems.

The landscape-ecological classification of mire types developed for the territory of Siberian High Tower footprint near Zotino in the framework cooperation with Max-Planck Institute of Biogeochemistry could be a good scientific base for the future joint investigation of peatlands and estimated of their values of carbon pool.

REFERENCES

1. *Glebov F.Z.* Yenisey valley bog system between rivers Sym and Dubches. – Krasnoyarsk, 1965. – P. 5 – 34. [In Russian]
2. *Glebov F.Z.* Bogs and paludified forests of forest zone of left bank Yenisey River region. – Novosibirsk: Nauka, 1969. – 132 p. [In Russian]
3. *Karpenko L.V.* Zotino bogs // Hydromorphic bog-forest ecosystems. – Krasnoyarsk: Sukachev Forest Institute SB RAN, 1986. – P. 17 – 39. [In Russian]
4. *Lapshina E.D. and Pologova N.N.* Carbon accumulation // Carbon storage and atmospheric exchange by West Siberian Peatlands. FGUU Scientific Reports 2001 – 1. – Tomsk-Utrecht, 2001. – P. 50 – 72.
5. *Vomperskiy S.E. et al.* Boggy soils and bogs in Russia and their carbon pool // Pochvovedenie. – 1999. – V. 12. – P. 17 – 25. [in Russian]

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛЕСОВ

Ю.В. Лебедев

Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

Стоимость лесоболотных систем определяется суммой стоимостей их природных ресурсов и основных средоформирующих функций. Критерий комплексной оценки – величина долгосрочного эффекта с учетом динамики болотообразовательного процесса и характера природопользования.

Стоимость лесоболотных систем в общем случае определяется суммой стоимостей их природных ресурсов и основных средоформирующих функций. Основной природный ресурс болот – торф – является сырьем для получения более 40 видов продукции. Лесоболотные экосистемы являются рефугиумами редких видов растений и животных. Средоформирующие функции определяются гидрологической, воздухо- и водоочистительной ролью болот.

Методология эколого-экономической оценки лесных болот предусматривает выполнение следующих этапов: представление болот как объекта оценки, формирование базовых характеристик района, определение натуральных показателей природных благ, обоснование их экономических эквивалентов и выбор критерия комплексной оценки болотных экосистем.

Как объект эколого-экономической оценки болота рассматриваются с трех позиций: как природное явление, как элемент экономической сферы и как предмет правового регулирования. Базовыми характеристиками заболоченных территорий при их экономической оценке являются: районирование, классификация болот по условиям водно-минерального питания, составу торфяной залежи и по морфологическим при-

знакам. Если болота находятся в лесном фонде, следует учитывать группу типов леса, категорию защитности, а также виды особо охраняемых природных территорий.

Натуральные показатели природных благ болот измеряются количественно и качественно. Экономические эквиваленты натуральных показателей болот включают: рыночные оценки, ренту, затраты, альтернативную стоимость и общую экономическую стоимость. Оценка ресурсов производится по существующим платам за единицу ресурса или единицу площади. Оценка средоформирующих функций выполняется с помощью «замещающих затрат», а социальных функций основывается на цене «свободного времени». Экономические эквиваленты отдельных средоформирующих, информационных и социальных (воспитательно-образовательной и эстетической) функций основываются на системе специальных комментариев или балльных шкал оценок. В качестве критерия комплексной эколого-экономической оценки лесоболотных экосистем используется величина долгосрочного эффекта, приносимого за длительный период времени с учетом динамики болотообразовательного процесса и характера природопользования.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ВОДНОЕ ПИТАНИЕ БОЛОТ

Б.С. Маслов

Российская академия сельскохозяйственных наук, Москва, Россия

E-mail: chess-andremas@mtu-net.ru

Водный баланс болот включает приток и отток подземных вод. Баланс составляется для всего болота вплоть до водоупора. Поскольку в природе не бывает абсолютных водоупоров, существует водообмен между грунтовыми (болотными) водами и водоносными горизонтами, залегающими ниже водоупора. Величина перетекания характеризует взаимосвязь малого (биологического) и большого (геологического) круговоротов вещества и энергии. Гидрогеологические условия определяют водно-солевое питание болот. На примерах для разных болот, включая западно-сибирские, показаны величины их подземного питания.

Задолго до появления наук по почвоведению, болотоведению, гидрологии и гидрогеологии, сформировавшихся в России в конце XIX – начале XX в., был накоплен немалый опыт по мелиорации болот. В 1810 г. Г.И. Энгельман среди причин образования болот и топей называл источники, «из земных недр происходящие»; в 1827 г. А.И. Стойкович выделил «спускающуюся под поверхность земли и потом выступающую наружу воду». Открытая в 1764 г. Дж. Элкингтоном в Англии напорность подземных вод на низинных болотах позволила разработать новые способы их осушения. В состав пяти основных типов водного питания болот входят, как известно, наряду с атмосферными осадками грунтовые и напорные подземные воды (Маслов, 2005). По подземному питанию болот имеется огромная литература, среди авторов ее нельзя не назвать А.Д. Дубаха, В.Н. Сукачева, А.Д. Брудастова, Х.А. Писарькова, Н.И. Пьявченко, К.Е. Иванова, В.Ф. Шебеко, М.Н. Кучина.

В последние годы, к сожалению, появились работы, в которых бездоказательно игнорируется подземное питание, а полученные на верховых болотах гидрологические данные распространяются на все типы болот, включая низинные. Формирование болотных ландшафтов рассматривается только в связи с рельефом и почвенным покровом территории, без анализа толщи геологических пород до основного (регионального) водоупора и участия подземных вод в водно-солевом балансе торфяной залежи (Бахнов, 2005).

Выделяются следующие типы гидрогеологических условий: подземные воды не участвуют

в водном питании; принимают участие только грунтовые воды, формирующиеся в пределах переувлажненных массивов и на их ближайшей периферии; питание происходит за счет межпластовых вод, формирующихся за пределами этих массивов; принимают участие глубокие водоносные горизонты, области питания которых значительно удалены от мест разгрузки (Маслов, 1971). Приток подземных вод зависит от типа заболоченных котловин. В таблице приведены данные воднобалансовых исследований, выполненных под руководством автора на болотах в разных районах бывшего СССР (Маслов, 1967).

По роли подземных вод в водно-минеральном питании (q_r , мм/сут) согласно водному балансу болота можно разделить на пять групп: отсутствует питание $q_r < 0,01$; слабое питание $q_r < 0,2$; среднее питание $q_r = 0,2 - 0,6$; сильное питание $q_r = 0,6 - 1,5$; очень сильное питание $q_r > 1,5$.

Торфяная залежь низинных болот в понижениях на склонах «омывается» транзитным потоком грунтовых вод, которые получают местную напорность при встрече со слабопроницаемым грунтом (торф). Разность между притоком и оттоком грунтовых вод в течение года изменяется (рис. 1). При осушении болот грунтового питания возрастает приток воды за счет понижения кривой депрессии и увеличения уклонов потока на прилегающей территории. В первые годы дополнительный приток грунтовых вод максимальный, в последующие годы он стабилизируется на уровне, превышающем исходную (до осушения) величину (Маслов, 2005).

Приток подземных вод на осушаемые болота в вегетационный период (май – сентябрь)

Геоморфологическая приуроченность болот	Названия опытных болот	Приток подземных вод, мм/сут.
Поймы рек	Олех, Ценциха, Картагонское, Маргю, Пасейрис	0,45...1,75
Подножья склонов	Кальское, Добролюбово, Варбла, Кэзни, Пала, Сайда, Выйсте	0,42...2,55
Котловины на склонах	Щеголево, Хурба, Худяковское, Коялю	0,02...0,40
Понижения на водоразделах	Пешта, Витянишкес, Виевис	0,000...0,006

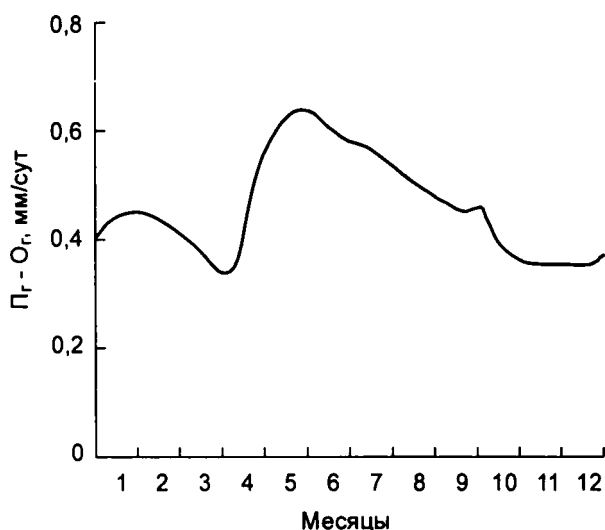


Рис. 1. Изменение разности между притоком (P_i) и оттоком (O_g) грунтовых вод на болото Олех в среднем за два года

Даже на болотах, расположенных на наклонных равнинах, поступающие подземные воды могут служить источником минерального питания растений в течение тысячелетий, об этом свидетельствует торфяник болота Щеголево (Смоленская область). Болото расположено в неглубокой котловине, на месте бывшего озера, мощность низинной торфяной залежи до 4,5 м. Стратиграфия: 0 – 160 см – торф древесно-травяной и травяной, 160 – 210 см – травяно-моховой, 220 – 250 – моховой низинный, 260 – 360 – водорослево-глинистый сапрпель, ниже 360 см – карбонатные озерные глины, суглинки, мергель, пески, переслаивающиеся между собой. Грунтовые воды болота содержат 214 – 239 мг/л минеральных веществ, 36 – 45 – кальция, 10 – 14 – калия и натрия, 149 – 171 – гидрокарбонатов (Маслов и др., 1998).

Болота в глубоких структурно-морфологических депрессиях, как правило, подпитываются напорными водами через толщи относительных водоупоров или в местах их размыва. В естественных условиях напорные и болотные воды находятся в равновесии, это состояние определяется условиями их питания и разгрузки. Существуют устойчивые соотношения между разностью уровней напорных и грунтовых (болотных) вод ΔH и мощностью разделяющей их толщи пород, m . Градиент равновесия $\Delta H/m$ обусловлен потерями энергии при движении воды через водоупор. Связь ΔH с m для разных пород показана на рис. 2. При снижении уровней грунтовых вод (например дренажем) градиент увеличивается, в результате подпитывание напорными водами возрастает. В исследованиях В.В. Новохатина на Тарманском болоте в Тюменской области дренаж глубиной 1,8 м обусловил увеличение притока вод в 1,4 – 1,8 раза

по сравнению с глубиной дрен 1,2 м (Новохатин, 2006). Наоборот, снижение уровней напорных вод (например, при отборе подземных вод, как это было на Минской болотной станции) вызывает снижение пьезометрических характеристик и одновременно уровней грунтовых вод (Маслов, 1967).

С подземными водами связано формирование болот Западной Сибири. В Барабинской низменности, расположенной в междуречье Оби и Иртыша, обширная котловина глубиной более 1 км до юрских глинистых отложений заполнена песками, супесью и алевритами, насыщенными водой. Водоносные горизонты, приуроченные к плиоценовым, олигоценовым и верхнемеловым отложениям, напорны и взаимосвязаны, образуют единый водоносный комплекс. Подземные воды характеризуются напорами до 5 – 27 м выше поверхности земли, минерализацией 0,3 – 3 г/л. Получают они питание в основном в горах Алтая и Салаира, подпитываются водами Васюганья и Приобского плато, а разгружается поток в долине р. Иртыш. С этими водами связаны процессы заболачивания и засоления почв, образование солодей, феномен «грива – болото». В книге Т.Н. Елизаровой и др. (1999) отмечается, что в заболачивании земель Западной Сибири участвует «питание с восходящим током от глубинных артезианских вод».

Изучение гидрогеологических особенностей болот является необходимым условием рационального оборудования наблюдательной сети для исследования болот, организации экологического мониторинга и оценки влияния антропогенной деятельности на болотные ландшафты (Маслов и др., 2006).

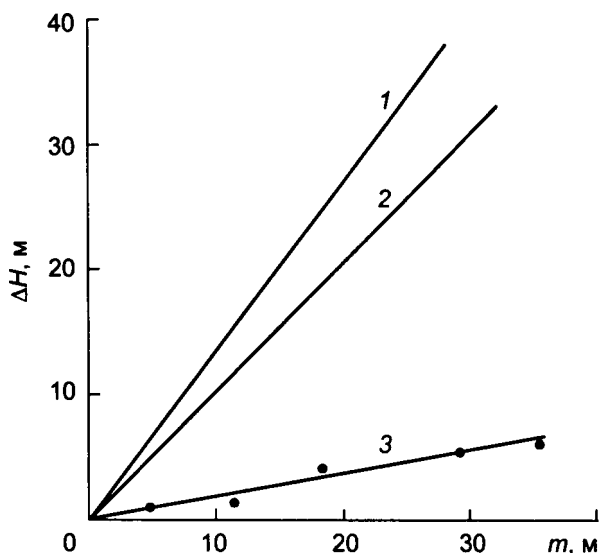


Рис. 2. Зависимость разности в напорах двух гидравлически связанных водоносных горизонтов (ΔH) от мощности m разделяющих их относительных водоупоров: 1 – каменноугольная глина; 2 – переслаивание суглинков и песков; 3 – супесь

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бахнов В.К.* Биогеохимия болотного почвообразования // Болота и биосфера: Материалы Пятой научной школы. – Томск: ТПУ, 2005. – С. 8 – 18.
2. *Елизарова Т.Н., Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т.* Эколого-мелиоративный потенциал почвенного покрова Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1999. – 240 с.
3. *Маслов Б.С.* Болота и реки в системе гидротехнической мелиорации земель // Гидротехническая мелиорация земель лесного фонда: результаты и проблемы. – СПб.-Черняховск: СПбНИИЛХ, 2005. – С. 158 – 183.
4. *Маслов Б.С.* О подземном питании болот // Бюлл. МОИП (Отдел геологич.). – 1967. – № 2. – С. 99 – 112.
5. *Маслов Б.С.* Типы гидрогеологических и инженерно-геологических условий осушаемых земель // Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям. – Вып. 2. – М.: Мингео СССР, 1971. – С. 25 – 35.
6. *Маслов Б.С., Константинов В.К. и др.* Мелиоративно-болотные стационары России. – Metla (Финляндия), 2006. – 398 с.
7. *Маслов Б.С., Светличная З.Я., Шаманаев В.А.* Агрохимические свойства низинной торфяной почвы и изменение её элементного состава после мелиорации // Доклады РАСХН. – 1998. – № 1. – С. 44 – 46.
8. *Новохатин В.В.* Методы мелиорации длительно-мерзлотных почв болотных систем Западной Сибири: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М.: ВНИИГим, 2006. – 42 с.

СТРУКТУРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ БЕЛЫХ БЕРЕЗ (*BETULA PENDULA* ROTH И *B. PUBESCENS* EHRH.) К КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ СЕВЕРА

С.В. Мизалина

Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: etrs@rr66.ru

Количественные показатели мезофилла листа двух лесообразующих видов берез (*Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh.) изучались в северных и горных популяциях восточного макросклона Урала. Показаны различия в направлениях адаптивной изменчивости основных параметров фотосинтезирующих тканей *Betula pendula* и *B. pubescens* к климатическим условиям севера. В целом адаптивная изменчивость структуры мезофилла у изученных видов берез направлена на формирование архитектуры листа, необходимой для оптимизации физиологических функций в условиях повышенной напряженности экологических факторов. При этом в климатических условиях севера и высокогорья у *Betula pendula* формируется мезоструктура, способствующая повышению газообмена и ассимилирующей способности листа. Структурные изменения мезофилла листа *Betula pubescens* направлены на повышение энергосберегающих функций и обеспечение оптимальной эффективности фотосинтеза и обменных процессов в экстремальных климатических условиях, что значительно расширяет ее ареал на севере и в горах.

Количественные показатели мезофилла листа двух лесообразующих видов берез (*Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh.) изучались в популяциях среднетаежной, северотаежной, лесотундровой, а также горнотаежной и горнотундровой зон восточного макросклона Урала.

Природно-климатические условия районов исследования характеризуются отрицательными среднегодовыми температурами воздуха, довольно высоким годовым количеством осадков (400 – 560 мм), достаточно высокой степенью заболоченности (10 – 20%, в горных районах – до 30 – 40%). Распространение березовых лесов на равнинной части ограничено долинами рек, озер и окраинами сфагновых болот.

Показаны различия в направлениях адаптивной изменчивости основных параметров фотосинтезирующих тканей *Betula pendula* и *B. pubescens* к климатическим условиям севера. Так, в условиях северной тайги и лесотундры, а также в верхних высотных поясах для *Betula pubescens* характерно увеличение толщины и плотности при уменьшении площади поверхности листовой пластинки. В то же время для *Betula pendula* в условиях повышенной напряженности экологических факторов на севере показано увеличение площади листа при более низких показателях его толщины и плотности.

Основные количественные показатели клеток мезофилла остаются стабильными в широком диапазоне характерных для вида условий обитания. Вместе с тем в северных популяциях у обоих видов наблюдается увеличение числа

хлоропластов на единицу площади поверхности листа. Кроме того, в верхних высотных поясах у *B. pubescens* возрастает количество хлоропластов в клетке. В северных и высокогорных популяциях *Betula pubescens* заметно возрастают объемы мезофилльных клеток.

Что касается межвидовых различий структуры фотосинтезирующих тканей, то для *Betula pendula* характерно формирование большего количества мелких клеток, что способствует оптимизации газообмена за счет увеличения отношения поверхности/объем мезофилла. Фототрофные ткани *B. pubescens* характеризуются меньшим количеством более крупных клеток, что обеспечивает более низкое отношение поверхности к объему и является энергосберегающей адаптацией в условиях низких температур.

В целом адаптивная изменчивость структуры мезофилла у изученных видов берез направлена на формирование архитектуры листа, необходимой для оптимизации физиологических функций в условиях повышенной напряженности экологических факторов.

При этом в климатических условиях севера и высокогорья у *Betula pendula* формируется мезоструктура, способствующая повышению газообмена и ассимилирующей способности листа. Структурные изменения мезофилла листа *Betula pubescens* направлены на повышение энергосберегающих функций и обеспечение оптимальной эффективности фотосинтеза и обменных процессов в экстремальных климатических условиях, что значительно расширяет ее ареал на севере и в горах.

ANTHROPOGENIC BOGS OF POST-EXPLOITATION AREAS (ON THE EXAMPLE OF SOUTHERN POLAND)

T. Molenda¹, M. Rzętała², and D. Chmura²

¹ University of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Sosnowiec, Poland

² Institute of Nature Conservation, Kraków, Poland

E-mail: tedimolenda@interia.pl

Southern Poland is one of the most urbanized and industrialized areas of the country. Strong economical activation of this region is the succession of exploitation and processing of mineral resources, which are here in substantial amounts. The process of exploitation and transformation of these mineral resources caused considerable environmental degradation of the region. All components of the natural environment, especially surface features and water relations, have been changed. The changes mostly concern the areas of opencast exploitation. Old exploitation hollows,

which aren't subjected to the process of land reclamation, undergo spontaneous succession. It depends on hydrological conditions which are within an old exploitation hollow. Exploitation hollows which are fed only by precipitation waters are the areas where transitional moors develop whereas within the hollows fed by underground waters lowmoors evolve. Such objects have various physical – chemical values. Transitional moors are featured by low conductivity and acid reaction whereas lowmoors by higher conductivity and neutral or alkaline reaction.

SPRING WATER RIVER VEGETATION AND HYDRIC SOIL AND WATER CHEMISTRY AT THE FOOT OF MT. FUJI

J. Omote¹ and Y. Yamagiwa²

¹ Kinki University, Technical College,
Department of Total Systems Engineering & Urban Environment, Japan
E-mail: omote@ktc.ac.jp

² Research Coordination Office, Managing Office of Agriculture,
Shizuoka Prefectural Government, Japan
E-mail: yutaka1_yamagiwa@pref.lg.jp

The Kakita river at the foot of Mt. Fuji has been acknowledged as one of the 100 most popular natural spring waters by the Environment Agency. The Volume of water from mountain Fuji springs, 100 tons per day, is released into the Kakita river. Since a regular water temperature (nearly 15°C) is maintained throughout the year, there are many interesting plants such as *Ranunculus nipponicus* var. *japonicus*, *Veronica undulate*, *Lemna trisulca* and *Cardamine regeliana*.

Therefore, an investigation on the plant species of spring water river from Mt. Fuji with variation in hydro-geochemical habitats and its components will be discussed in this paper.

The freshwater wetlands vegetation in spring water rivers is grouped into four ecological categories, depending mainly on habitat sites in relation to water level, trophy grad of soil and water from the upper- to down stream.

They occupy a wide range of environmental conditions and dynamic systems which form part of the hydrosere succession from open water to dryland sustaining a rich variety of plant species. The abiotic factors which influence river plant species and its distribution are those of the hydro- edaphic factors.

The goals of this study were to determine:

1. Under which ecological conditions do the spring water river plant species occur in relation to various water- and soil chemistry parameters ?

2. The influence of substrate characteristics in soil on plant species.

3. The vegetation composition, varied along a gradient of the insoluble organic matter in wetland

4. The different hydrological regimes on the various wetland plant species.

5. Chemical characteristics of spring water on different communities

Alltogether only 35 plant species and 11 vegetation communities for 1200 m length of river long have been found in the study area.

Zonation of wetland vegetation: (Shoreline, Emergent, Floating and Submerged plants) in the river basin depend on water depths and salinity. (Whiteley et al., 1999).

Differences in species composition of vegetation communities within upper, middle, and down stream zones are correlated with variations in nutrients of water and soil chemistry (mineral soils and organic matter).

Despite very clean spring water from Mt. Fuji flowing into river, ion concentration of NO_3^- , PO_4^- and electric conductivity (EC) was significantly high in the river water (Table 1). (Omote et al., 2003).

Table 1

Water Quality in Spring Water River Kakitagawa (1999 – 2001)

	pH	EC	Ca	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	TC	IC	TOC	Cl	Na	K	DO	BOD	COD
		($\mu\text{S/cm}$)						(mg/l)						
Upper stream	6.79	146.2	14.8	0.79	0.06	15.3	13.1	2.2	4.56	15.6	2.08	-	-	-
Middle	6.81	142.9	14.8	0.83	0.11	14.8	13.2	1.6	5.40	16.6	2.81	-	-	-
Down	7.09	144.0	13.9	0.85	0.16	14.5	13.0	1.5	5.51	10.5	2.70	9.20	0.65	0.50

The differences of freshwater wetlands vegetation found among upper-, middle- and down stream are related to water chemistry such as NO_3^- , PO_4^- , and electric conductivity (EC) and soil chemistry.

High concentrations in NO_3^- , PO_4^- , and electric conductivity of water in plant communities varies depending upon plant species composition.

Soil nutrients (C, N, P, Ca, and Mg) are also positively correlated with upper, middle, and down stream. C, N, P, Ca, and Mg increase from upper-, middle- to down streams respectively (Table 2).

The portion of organic matter in wetlands hydric soils amount to more than 30% mass (Table 3).

A high concentration of organic matter is an important source of nutrients for plant growth.

Section 2. Mire Ecology and Biodiversity Conservation**Table 2****Soil Nutrients along Upper- Middle- and Down Stream**

	P	K	N	C	Ca	Mg	Na	Cl	Mn	C/N
	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(µg/g)	(µg/g)	ratio
Upper stream	0.011	0.130	0.056	0.26	3.10	1.35	0.46	43.7	183.1	4.48
Middle	0.018	0.222	0.646	3.94	3.52	1.39	0.44	47.1	157.3	5.61
Down	0.019	0.184	0.668	4.23	3.60	1.38	0.42	45.3	171.4	6.60

Table 3**The different forms of Organic and Inorganic matter in Hydric Soils**

	Inorganic	Humic	Humic Acids	Fulvic Acids	Bitumen
	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)	(Wt%)
Upper stream	69.0	22.8	4.61	1.29	2.35
Middle	64.6	20.7	6.73	6.45	1.55
Down	65.7	22.2	4.75	4.93	2.50

Table 4**Soil Particle Sizes among upper-, middle- and down stream (Wt %)**

Diameter (mm)	1 mm <	1 – 0.25	0.25 – 0.15	0.15 >
Name of Separate	Very Coarse Sand	Coarse and Medium Sand	Fine Sand	Very Fine Sand, Silt and Clay
Upper stream: Mean value	51.3	43.6	4.0	1.2
Middle stream: Mean value	42.6	43.6	7.9	5.9
Down stream: Mean value	13.0	65	16.6	5.5

Humic and humic acids correspond often to the main part of soil organic matter, and are well-known for playing an important role in soil processes (Stevenson, 1982).

The studied hydric soil samples in Kakita river contained a high amount of organic matter (over 31%). The types and accumulation of decomposition of organic matter varies in habitat types in the river basin. Table 3 shows that rate and contents of organic components to inorganic varies among upper, middle and down streams.

The humic concentrate contained 22% of organic matter. As shown in Table 3, humic and humic acids contributed respectively to 22.8 and 4.61 Wt% of the organic matter, whereas fulvic acids and bitumen represented a lower amount, 1.29 and 2.35 Wt%, respectively (in the upper stream).

The distribution of plant species depends on soil particle sizes (Table 4), because smaller soil particle sizes (0.25 mm >), for example, soils with an abundance of fine sand, silt and clay size particles, allow less air and water to move through than a soil having a high content of very coarse sand size particles (1 mm <). Therefore fine sand, silt and clay particle sizes are combined more with nutrients than bigger soil particle sizes. In upper stream zones, which are categorized as oligotrophic, 51.3% has been found in very coarse sand, 42.6% in middle streams, whereas only 13.0% in the down streams.

The results of these studies suggest that there are clear differences between water chemistry, soil nutrients, soil organic matter, and soil particle sizes to plant species among upper, middle and down stream.

REFERENCES

1. Whiteley J.R., Bassett B., Dillard J.G. and Haefner. R.A. Water plants for Missouri ponds. – Missouri Department Conservation, Jefferson City, Missouri, 1999. – 151 p.
2. Omote J. and Yamagiwa Y. Ecological Report of Kakitagawa River Basin at the Foot of Mt. Fuji.
3. Stevenson F.J. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. – N.Y.: Wiley, 1982.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СУХОДОЛЬНЫХ И БОЛОТНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И.В. Петрова, С.Н. Санников

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: irina.petrova@botgard.uran.ru, stanislav.sannikov@botgard.uran.ru

На основе многолетнего сравнительного эколого-географо-генетического изучения смежных поселений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на суходолах и верховых болотах Западной Сибири показана основополагающая роль болотных экосистем как фактора широкомасштабной генетической дивергенции в голоцене. Показана весьма высокая (до 90 – 100%) термически обусловленная фенологическая репродуктивная изоляция суходольных и болотных популяций сосны, возрастающая с севера на юг ареала. Впервые установлена на непрерывном ареале и разносторонне исследована феногенетическая граница между популяциями этого вида на суходолах и верховых болотах в предлесостепи и достоверные генетические градиенты между ними в других подзонах, также между субпопуляциями сосны на суходолах и переходных болотах. По радиодатированным макроостаткам на верховых торфяниках и генетическим дистанциям Ней впервые непосредственно определена скорость микроэволюционной дивергенции болотных популяций сосны от смежных суходольных (в предлесостепи в два-три раза большая, чем в средней тайге). Результаты исследований могут служить основой для ревизии таксономии, а также популяционно-генетического, лесосеменного и селекционного картографирования.

Крупнейшие на Земле массивы верховых голоценовых болот Западной Сибири представляют одну из главнейших адаптивных зон сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), расселявшейся из своих южных плейстоценовых рефугиумов по мере потепления климата. По всем основным факторам среды – избыточно влажному анаэробному и кислому органогенному субстрату, микроклимату, структуре фито-, мико-, зоо- и микробоценоза – верховые болота резко контрастны, почти диаметрально противоположны смежно произрастающим соснякам на автотрофных минеральных почвах. Вероятно, это во многом определило качественно иное направление и интенсивность отбора и других микроэволюционных факторов в ее популяциях на суходолах и болотах.

Согласно господствующей парадигме, морфологически многообразные морфы сосны обыкновенной на болоте – не более чем модификационный «почвенный экотип», генетически не отличающийся от ее соседствующих суходольных поселений.

Широкомасштабные сравнительные междисциплинарные исследования с применением палеогеографических, экологических, фенологических, фенотипических и генетических методов (на базе изозимного анализа), проведенные нами в сосновых лесах различных подзон Западной Сибири, показали следующее.

В последние десятилетия в итоге стационарных эколого-фенологических исследований в Западной Сибири и на Русской равнине показана резко выраженная (85 – 100%) и стабильная во времени фенологическая репродуктивная

изоляция смежных поселений сосны на суходолах и верховых болотах, обусловленная более поздним весенним оттаиванием и прогреванием ризосферы в торфяниках. Была выдвинута гипотеза о генетической дивергенции болотной сосны от суходольной (Санников и др., 1976). Наибольшая степень фенологической изоляции между популяциями сосны обыкновенной в соседствующих заболоченных (*Pineta sphagnosa*) и суходольных (*Pineta hyloscomiosa*) биоеоценозах выявлена в подзоне предлесостепи и южной тайги Зауралья и Западной Сибири. В целом в Западной Сибири фенологическая изоляция между соседними популяциями *Pinus sylvestris*, произрастающими на болоте и суходоле, существенно увеличивается в направлении с севера на юг ареала в среднем с 45% в северной тайге до 55 – 56% в средней тайге и до 93% в предлесостепи. Отмеченный тренд увеличения степени изоляции связан с зональным изменением ландшафта и типом верховых болот. Формирование определенного типа верховых болот зависит от климатических условий и подчиняется основным законам географической зональности (Кац, 1948; Алехин, 1951; Walter, Breckle, 1986; Lang, 1994), которая на фоне исключительно ровного мегарельефа и меридиональной обусловленности градиентов климата Западной Сибири наиболее отчетливо выражена (Санников, 1992).

Показаны достоверные фенотипические различия по комплексу признаков между смежными популяциями сосны и их потомствами, в том числе альтернативные различия по форме корневых систем в посевах на выравненном экотопе.

**Средняя скорость генетической дивергенции смежных популяций сосны
на суходолах и верховых болотах Западной Сибири**

Подзона, местонахождение	Вид образца	Глубина залегания, м	Давность поселения сосны, лет	Генетическая дистанция Неи (Nei, 1972)	Темп микроразвития
Предлесостепь, Тугулым	Торф и хвоя	6,9 – 7,0	7650±95	0,021	0,00275
Средняя тайга, Салым	Древесина пня	1,7 – 1,8	4250±40	0,004	0,00094

Между смежными болотными и суходольными популяциями южной части таежной зоны в Западной Сибири генетическая дифференциация (D_{N72} от $0,010 \pm 0,003$ до $0,022 \pm 0,001$) в три-семь раз больше, чем между соседствующими суходольными выборками ($0,003 \pm 0,001$), и более чем в два-четыре раза выше, чем между смежными болотными ($0,005 \pm 0,001$).

На основе известных генетических дистанций Неи и радиоуглеродной датировки времени поселения популяций сосны (по макроостаткам в торфяной залежи) открывается уникальная возможность прямого определения темпов их генетической дивергенции. Наши данные (таблица) свидетельствуют о том, что в голоцене скорость генетической дифференциации болотных поселений *Pinus sylvestris* от материнских суходольных в южной «внеледниковой» части лесной зоны Западной Сибири была при-

мерно в три раза выше, чем в подзоне средней тайги.

Можно предположить, что это связано не только с меньшей степенью и длительностью фенологической изоляции (45 – 60%) средне-таежных болотных поселений сосны от суходольных по сравнению с предлесостепными (85 – 100%), но и с почти вдвое более медленным оборотом поколений (рекомбинацией генов) в северных популяциях.

Результаты исследований могут служить основой для дальнейшего изучения роли болотных ландшафтов в генетической дифференциации популяций древесных растений, ревизии их таксономии, а также для разработки методов селекционного и лесосеменного районирования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-04-48667).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин В.В. Растительность СССР в основных зонах. – 2-е изд. – М.: Сов. наука, 1951. – 512 с.
2. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. – М.: ОГИЗ, 1948. – 320 с.
3. Санников С.Н., Санникова Н.С., Гришина И.В. Популяционная структура сосны обыкновенной в Зауралье // Лесоведение. – 1976. – № 1. – С. 76 – 81.
4. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. – М.: Наука, 1992. – 264 с.
5. Lang G. Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse. – Jena; Stuttgart; New York, 1994. – 462 p.
6. Nei M. Genetic distance between populations // Amer. Naturalist. – 1972. – V. 106. – P. 283 – 292.
7. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // Genetics. – 1978. – V. 89. – P. 583 – 590.
8. Walter H., Breckle S.W. Spezielle Ökologie der Gemäßigten und Arktischen Zonen Euro-Nordasiens. – Stuttgart: Fischer, 1986. – 587 p.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ХВОЙНЫХ НА БОЛОТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.В. Пименов, Т.С. Седельникова

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: Institute@forest.akadem.ru

Представлены результаты исследований формового разнообразия в популяциях *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Larix sibirica* Ledeb. на болотах Западно-Сибирской равнины. Показано, что болотные популяции хвойных отличаются широким спектром визуально диагностируемого и фенотипически скрытого (в виде хромосомных aberrаций и геномных мутаций) полиморфизма. Предполагается, что выявленные цитогенетические изменения носят не только деструктивный характер, но и являются адаптивной реакцией растений, повышающей генетическую лабильность популяций и расширяющей биоразнообразие хвойных. Индивидуальные особенности внутривидовых форм рассматриваются как проявления различных экологических стратегий, обеспечивающих устойчивую репродукцию видов в контрастных условиях произрастания.

Значительную часть гидроморфных экосистем Западно-Сибирской равнины составляют лесоболотные комплексы, основную структурообразующую и продукционную роль в которых, как правило, играют виды *Pinaceae* Lindl. Высокие уровни экотопического разнообразия и абиотической экстремальности болотных массивов определяют широкий спектр генетической изменчивости хвойных, проявляющейся в виде большого числа интразональных форм и экотипов. Данная ситуация во многом обусловлена также микроэволюционными эффектами инбридингового характера – «изоляции» и «основателя», циклически повторяющимися в ходе сукцессионных серий открытых и лесных стадий развития гидроморфных комплексов. Болотные массивы Западной Сибири могут рассматриваться не только в качестве действующих «очагов» формообразования, но также и полигонов по сохранению биологического разнообразия хвойных, вследствие долгосрочной экологической стабильности данных экосистем, характеризующихся высокими уровнями эдафической буферности и ценотической слаженности.

На протяжении 20 лет нами проводятся комплексные исследования биологического разнообразия в популяциях 5 видов хвойных на болотах различных типов водно-минерального питания и минеральных суходолах южнотаежной подзоны Западно-Сибирской равнины. Основной акцент сделан на изучение экологически наиболее эвживалентного вида – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей в большинстве болотных экотопов региона. Исследования ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) проводятся преимущественно в популяциях согр травяно-мшистых кочкарных на

глубокозалежных (4 – 7 м) низинных болотах. Наряду с анализом морфолого-анатомических и продукционных характеристик деревьев различной формовой принадлежности осуществляется цитогенетический мониторинг их семенного потомства, позволяющий оценить модифицирующее действие факторов среды и выявить скрытый генетический полиморфизм популяций. В качестве тест-критериев уровня генетической изменчивости используются встречаемость и спектр хромосомных aberrаций, учитываемых с помощью ана-телофазного и метафазного методов.

В болотных популяциях сосны обыкновенной выявлено высокое формовое разнообразие, главным образом по особенностям генеративной сферы: форме апофизов шишек, окраске микростробиллов и семенной кожуры (Седельникова, Муратова, 1991). Поскольку процент их участия в насаждениях различных экотопов неодинаков, индивидуальные особенности форм могут рассматриваться как проявления различных экологических стратегий, обеспечивающих устойчивую репродукцию вида в контрастных условиях произрастания. В частности, основной особенностью мужской генеративной сферы в низкотемпературных условиях болот является усиление синтеза антоцианов (краснопильниковая форма), обеспечивающее ускоренное прохождение микроспорогенеза. В условиях крайнего пессимума (на олиготрофных болотах) частная формовая дифференциация нередко сопровождается общей морфологической нанонизацией (скоррелированным уменьшением размеров) генеративной сферы, снижающей энергетическую «стоимость» репродукции. У семенного потомства сосны обыкновенной на болотах нередко отмечаются хромосомные aberrации: кольцевые и полицентрические хромосомы, фрагменты, миксополоиды (0,4 –

4,3%), у деревьев с «ведьмиными метлами» наблюдается также увеличение встречаемости митотических нарушений: мосты, отстающие хромосомы, С-митозы (до 10,5%).

Для пихты сибирской в условиях болотных согр характерно высокое разнообразие биоморфотипов (от высоких одноствольных до кустистых стланиковых форм), формирующееся на фоне широкого спектра структурных мутаций: дицентрических, кольцевых, «надетых» кольцевых хромосом, фрагментов, хромосом с отклонением положения центромеры от нормального. Данные типы aberrаций выявляются в метафазных клетках 30 – 35% исследуемых проростков. Частота встречаемости нарушений в ана-телофазных клетках еще выше – до 68%. Основные типы повреждений представлены неправильным расхождением хромосом, включающим многополюсные митозы, а также отстающими хромосомами (Седельникова, Пименов, 2003). В популяциях ели сибирской на болотах по сравнению с суходольными насаждениями отмечается увеличение частоты встречаемости В-хромосом (до 4,9%), миксоплоидов (до 2,0%) и структурных мутаций типа фрагментов, кольцевых и дицентрических хромосом (до 3,6%). Ана-телофазные нарушения представлены отстающими и забегаящими хромосомами, мостами, неравномерным и хаотическим расхождением хромосом, остаточными ядрышками. (Седельникова и др., 2004). В популяциях кедра сибирского, наряду с особями типичной формы, встречаются: *f. turfosa* Gorodk. (со сниженными размерными характеристиками и, как правило, шаровидной формой кроны), а также деревья с «ведьмиными метлами» (диаметр последних в ряде случаев достигает 2 – 3 м). В семенном потомстве болотных популяций кед-

ра сибирского высока доля мутантных растений (до 39%). Значительная часть aberrантных клеток содержит дицентрическую хромосому, с высокой частотой встречаются кольцевые структуры и фрагменты (Седельникова, Муратова, 2002). У лиственницы сибирской на болотах отмечается повышенный уровень изменчивости морфологических признаков, при этом формовая дифференциация наблюдается преимущественно по размерам и окраске шишек. В болотных популяциях лиственницы обнаружены хромосомные мутации (главным образом, фрагменты и кольцевые хромосомы), диагностируемые у проростков как в метафазных (до 24%), так и в ана-телофазных (до 38%) клетках. Часть проростков характеризуется высоким уровнем миксоплоидии, при этом для материнских деревьев свойственны типичные признаки гетерозиса: максимальные для данных насаждений значения диаметра ствола, протяженности и диаметра кроны, размеров шишек (Седельникова, Пименов, 2005).

Таким образом, популяции хвойных, произрастающие на болотах Западной Сибири, отличаются широким спектром визуально диагностируемого и фенотипически скрытого (в виде хромосомных aberrаций и геномных мутаций) полиморфизма. Выявленные цитогенетические изменения, очевидно, носят не только деструктивный характер, но и являются адаптивной реакцией растений, повышающей генетическую лабильность популяций и расширяющей биоразнообразие хвойных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (05-04-48517), РФФИ-БРФИ (06-04-81026), Интеграционного проекта СО РАН № 5.18.

ЛИТЕРАТУРА

1. Седельникова Т.С., Муратова Е.Н. Генеративные органы и кариотип сосны обыкновенной на олиготрофных болотах Западной Сибири // Лесоведение. – 1991. – № 3. – С. 34 – 44.
2. Седельникова Т.С., Муратова Е.Н. Кариологические особенности сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на болотах Западной Сибири // Экология. – 2002. – № 5. – С. 323 – 328.
3. Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Пименов А.В., Ефремов С.П. Кариологические особенности болотных и суходольных популяций *Picea obovata* в Западной Сибири // Ботан. журн. – 2004. – Т. 89. – № 5. – С. 718 – 733.
4. Седельникова Т.С., Пименов А.В. Хромосомные мутации в болотной и суходольной популяциях *Abies sibirica* Ledeb. // Цитология. – 2003. – Т. 45. – № 5. – С. 515 – 520.
5. Седельникова Т.С., Пименов А.В. Кариологическое изучение болотной и суходольной популяций *Larix sibirica* (Pinaceae) из Западной Сибири // Ботан. журн. – 2005. – Т. 90. – № 4. – С. 582 – 593.

THE ROLE OF ANTHROPOGENIC WETLAND IN PRESERVING THE BIODIVERSITY OF DEGRADED AREAS

M. Rzetala¹, T. Molenda¹, and D. Chmura²

¹ University of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Sosnowiec, Poland

² Institute of Nature Conservation, Kraków, Poland

E-mail: mrz@wnoz.us.edu.pl

Both urbanisation and industrialisation cause considerable environmental degradation. All components of the natural environment, especially surface features and water relations undergo strong transformations. It leads to a significant decrease of biodiversity. However, paradoxically, most of the naturally valuable areas are connected with anthropogenic habitats, especially wetlands. They include the complex of fishing ponds «Łęcz-zok» (southern Poland) which is within the reserve protection. The aim of the protection here is the preservation of the forest – pond area that includes multispecies complex of riverside forest in the old riverbed of the Odra River. Besides, it is not only the habitat of rare and endangered plant – water chestnut (*Trapa natans*) but it is a place of mass

nesting of birds as well. «Jeleniak – Mikuliny» is a similar nature reserve. The complex of water – rushes ecosystems that developed in the areas of former fishing ponds is under the protection here. Besides, it is also one of the biggest breeding sites of crane (*Grus*). Moreover, the complex of fish-ponds «Wielikąt» has come within the legal protection as the nature – landscape form.

Presented examples show not only the change that take place in the natural environment of industrial areas but they also show that in the areas of anthropogenic objects such valuable habitats may form that in the course of time they come within the legal protection. So paradoxically, anthropopressure can lead to the increase in biodiversity and in many cases it really does.

МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАПАДНО-СИБИРСКИХ ТОРФЯНИКОВ

Ю.В. Сивков

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, Россия

E-mail: Tumen_Sivkov@mail.ru

Работа проведена с целью получения прогнозных значений физических показателей на основании обобщения данных обследования торфяных почв (болото Тарманское) за прошлые годы и за 2001 – 2003 гг.

Объектом исследования послужила торфяная почва, типичная по генезису для лесостепи (болото Тарманское, расположенное на второй надпойменной озерно-аллювиальной террасе реки Туры, осушенное в 1980 г.).

Опытно-экспериментальная мелиоративная система расположена в центральной части болотного массива. Общая площадь системы 272 га, из которых большая часть осушается открытыми каналами с расстоянием между ними 100, 150, 200 и 250 м. Остальная (60 га) осушалась гончарным дренажом.

Растениями-торфообразователями послужили осоки, тростник, гипнум и ряд других.

В результате отмирания растительности образовался весьма неоднородный по степени разложения торфяник: слаборазложившиеся слои чередуются с горизонтами средней степени разложения. Объясняется это неравномерностью увлажнения в процессе генезиса болота. Видовой состав растений-торфообразователей показывает, что евтрофная стадия в развитии болота доминировала на протяжении всего периода развития.

Наши исследования были направлены на обобщение данных почвенного обследования, полученных А.С. Моториным и А.А. Леоновым в период с осушения до 1993 г. и материалов, полученных нами за последние годы (2001 – 2003 гг.), и, как следствие, получение прогноза изменения плотности.

Мониторинг осуществлялся в производственных условиях на специально закрепленных реперных участках, при выборе которых использовались материалы почвенного обследования предыдущих лет.

Основные методы исследования: полевой и лабораторный. Физические свойства определяли по методикам, общепринятым в почвоведении.

Среди физических показателей почв основным является плотность. После осушения фи-

зические свойства торфяных почв претерпевают значительные изменения. 23-летнее сельскохозяйственное использование торфяной почвы на среднем торфе приводит к возрастанию плотности в 0,3-метровом слое на 35% (с 0,15 – 0,18 до 0,20 – 0,24 г/см³).

Существенное влияние на увеличение плотности торфяной почвы, особенно в первые годы после их осушения, оказывает процесс уплотнения (усадки). Наиболее интенсивно процессы усадки идут в слаборазложившихся торфах, где преобладают крупные поры. Исследованиями установлено, что плотность в верхних слоях почвы в первые пять лет после осушения возрастает на 30%. Ее повышение зафиксировано и в дальнейшем, но темпы данного процесса снижаются: через 13 лет после осушения в 1,3 раза, через 23 года – в 2,4 раза.

Прогнозная оценка показала возрастание плотности в первую и вторую пятилетку в среднем на 10%.

Для подтверждения достоверности полученных прогнозных значений необходимы дальнейшие исследования.

Плотность твердой фазы является менее изменчивым показателем физических свойств торфяных почв. Подтверждением данного вывода является отсутствие существенных различий этого параметра у торфяной почвы на среднем торфе в верхних и нижних горизонтах (до полуметра) перед закладкой опыта (1,44 – 1,75 г/см³) и после 23-летнего сельскохозяйственного использования (1,45 – 1,85 г/см³).

Таким образом, осушение и сельскохозяйственное использование торфяных почв приводят к существенному изменению их физических свойств, особенно в первоначальные годы. Поскольку мелиоративная система будет действовать в условиях осушенного и освоенного болота, расчет ее элементов должен проводиться по физическим константам окультуренной почвы.

DEVELOPMENTS IN HYDROLOGICAL RESEARCH FOR BOG RESTORATION ILLUSTRATED FOR THE FOCHTELOERVEEN IN THE NETHERLANDS IN THE PERIOD 1975 – 2005

J.M. Schouwenaars

Wageningen University / Water Board Fryslan, The Netherlands
E-mail: jschouwenaars@wetterskipfryslan.nl

The Fochteloerveen is a bog relict of 2500 ha, where attempts for rewetting started around 1960. The first water management measures were based upon practical approaches and experiences. Around 1975 a monitoring network for hydrological measurements was installed and theoretical considerations and calculations started to play a role in considerations and discussions on perspectives for bog restoration. In this period the focus was on internal water management measures. Around 1990 a growing awareness of the importance of hydrological relations with the surroundings of the bog remnant, has lead to approaches using regional hydrological models to analyse the impact

and perspectives of water management on the regional scale.

Besides the choice of instruments (local versus regional; analytical versus numerical modelling) crucial questions on hydrological constraints for bog restoration partly remained unsolved. In the Netherlands research on the hydrological constraints for bog restoration has developed from emphasis on soil-water-plants interactions on the habitat level to a focus on biogeochemical processes in the peat deposits and underlying aquifers.

This is illustrated for the Fochteloerveen area. Important research questions in recent years will be presented and discussed.

TESTING SPECIES DIFFERENCES IN PEATMOSESSES USING MICROSATELLITE MARKERS

B. Shaw, J. Shaw, and S. Boles

Department of Biology, Duke University, Durham, North Carolina, USA

E-mail: blanka@duke.edu

Biodiversity and ecosystem function are closely related. Diverse communities may be more stable and efficient at fixing carbon under changing environments. Both between- and within-species variation are components of biodiversity. Microsatellites (=simple sequence repeats) are useful markers for quantifying genetic components of biodiversity. Approximately 100 individuals of *Sphagnum torreyanum* and its recent taxonomic segregate were

genotyped for 16 microsatellite loci. Despite morphological differences between the two putative species, genetic analyses show that they represent a single interbreeding gene pool. Nevertheless, *S. torreyanum* (s.l.) contains high levels of genetic diversity with substantial differentiation among populations. As codominant markers, microsatellites provide a previously unused but very powerful tool for studying peatmoss biodiversity.

THE IMPORTANCE OF LANDSCAPE HETEROGENEITY FOR ANIMAL DIVERSITY IN MIRE RESTORATION MANAGEMENT

H. Esselink, W.C.E.P. Verberk, and G.J. van Duinen

Bargerveen Foundation & Department of Animal Ecology
Radboud University Nijmegen, The Netherlands
E-mail: H.Esselink@science.ru.nl

Heterogeneous landscapes are biodiversity «hotspots». Heterogeneity implies spatial and temporal differences in resources and growth, reproduction, survival and extinction. Due to their mobility, animals can use this spatial and temporal variation in the landscape. To investigate the relationship between heterogeneity and species diversity, data on aquatic macroinvertebrates were collected in a heterogeneous mire, including a bog remnant and more minerotrophic ecotopes. Invertebrate diversity in the bog pools was highest in the heterogeneous mire, compared to other bog remnants. Furthermore, species showed seasonal and spatial changes in habitat use, which could be explained by food availability and reproduction. These results underline the importance of habitat

heterogeneity for the preservation of fauna species.

Degradation by drainage, acidification and eutrophication decreases local habitat quality, but on a larger scale also causes a decline of heterogeneity. Restoration measures aim at restoring the habitat quality. This inevitably causes a disturbance. If this disturbance is large scaled, intensive or unpredictable it can cause a direct loss of animal species. In addition, measures can cause a further decline of heterogeneity, by suppressing the underlying diversification processes (e.g. the influence of groundwater by rewetting). Strengthening landscape heterogeneity by restoring regional hydrology is of vital importance to the conservation and restoration of macroinvertebrate diversity.

Section 3

Primary Production and Carbon Accumulation

Биологическая продуктивность и накопление углерода

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

Proceedings of the Second
International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk,
August 24 – September 2, 2007

РОЛЬ БОЛОТНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

В.К. Бахнов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: soil@issa.nsc.ru

Болото можно рассматривать и как водоем и как сушу. Обладая таким двуединством, экологический контраст между водной средой и сушей в болоте оказывается наименьшим. Благодаря этому болотное почвообразование сыграло ведущую роль в адаптации растений к жизни на суше в условиях воздушного окружения.

Океан – самая древняя часть биосферы, дальнейшее развитие которой было направлено на освоение организмами, прежде всего растениями, воздушной среды, затем и литосферной оболочки суши. Этот магистральный путь был взят за основу деления истории биосферы на три основных периода (Бахнов, 1986, 2002): гидроземный, атмоземный и литоземный. Каждому периоду соответствовало появление определенной формы почвообразования: гидроземному – подводной, атмоземному – болотной, литоземному – сухопутной.

Воздушная среда и литосферная оболочка суши различаются между собой и отличаются от водной среды резкой экологической контрастностью. Поэтому, прежде чем поселиться на суше, растения вынуждены были сначала адаптироваться к жизни в условиях воздушного окружения, соприкосновение с которым было едва ли не самым трудным шагом в процессе формирования наземных растений (Уранов, 1974). В то же время выход из воды открывал им путь к активному использованию энергии солнца и газового состава атмосферы. Некоторые организмы приобрели водоудерживающие свойства протоплазмы, что позволило им длительное время оставаться живыми в среде, лишенной влаги, т.е. переходить на период безводья в состояние скрытой жизни. Такой образ жизни в почве, на коре деревьев, камнях и скалах ведут не только аэрофильные водоросли, но и многие низшие организмы (бактерии, грибы, лишайники). Очевидно, предки организмов с таким ритмом жизни мигрировали из воды на сушу через приливно-отливную полосу морей и океанов. Что касается представителей зеленого ствола растительного мира, то их далекие предки выход на сушу, по мнению автора (Бахнов, 1986), осуществили через болотное почвообразование.

На ранних этапах становления биосферы растения были сходны с водными предками и сохраняли потребность в постоянном и обиль-

ном увлажнении среды своего обитания. Роль фактора, стабилизовавшего водообеспечение, выполняло органическое вещество, которое по своей природе способно поглощать и удерживать влагу в больших количествах. Эта особенность органического вещества и послужила предпосылкой использования создаваемых самими же растениями запасов мертвых остатков в качестве субстрата – почвы.

Болото можно рассматривать и как водоем и как сушу. Обладая таким двуединством, экологический контраст между водной средой и сушей в болоте оказался наименьшим. Благодаря этому болотные почвы в истории биосферы выполняли своего рода роль переходного моста, через который растения вышли из воды на сушу.

О времени появления на Земле болотного почвообразования свидетельствуют залежи каменного угля, исходным материалом образования которого служили древние болотные почвы. Первые признаки накопления угля относятся к нижнему девону, для среднего девона уже известны промышленные месторождения. Широкомасштабное распространение залежей каменного угля приурочено к карбону и перми (Степанов, 1947).

Таким образом, болотные почвы появились примерно 400 миллионов лет тому назад. Этим временем палеофитоценологи датируют выход из воды предков современных растений. Их эволюция была направлена прежде всего на развитие и совершенствование надземных органов, необходимых для осуществления активного фотосинтеза, от которого зависела не только величина биомассы, но и объем отмерших остатков, которыми создавался жизненно необходимый для самих же растений органический субстрат.

К первым представителям растений болот, следует, очевидно, отнести псилофиты. Тело этих растений представляло собой погруженное в воду корневище, из которого на короткий

период времени выбрасывался на поверхность воды спорангий высотой около 25 см (Комаров, 1961). Псилофиты существовали относительно недолго: появились в конце силура, а во второй половине девона вымерли. В карбоне и перми растительный покров болот создавали представители голосеменных и папоротникообразных. В это время появились, а затем получили широкое распространение древесные формы, позволившие активизировать фотосинтез. Именно лесные формации карбона и перми продуцировали огромную биомассу и создавали большие запасы отмерших растительных остатков, служивших образующим материалом болотных почв.

Болотные почвы были не только резервуаром влаги, но и источником зольных элементов, количество и пропорции которых были в некоторой мере упорядочены и соответствовали потребностям произраставших на них растений. Удачное сочетание основных свойств делало болотные почвы благоприятным субстратом в период адаптации растений к воздушной среде, а затем и к литосферной оболочке суши. С этим обстоятельством мы связываем широкое распространение болотных формаций в конце палеозойской эры.

На примере относительно примитивных растений, какими являются мохообразные, которые могли быть одними из первых растений суши (Комаров, 1961; Плотников, 1979; Шенборн, 1987), можно видеть один из возможных вариантов кардинального приспособления к условиям жизни вне водной среды. Так, например, у широко распространенных на современных болотах сфагновых мхов отсутствуют корни и специализация тканей. Водное и минеральное питание они осуществляют всей поверхностью тела. Реакция мхов на изменение условий водного режима регулируется плотностью стеблей на единицу площади (Смоляницкий, 1977). Уникальная особенность мхов заключается еще и в том, что одновременно с ростом верхушки происходит отмирание нижних частей стеблей, остатками которых формируется ис-

ключительно влагоемкий субстрат, служащий одновременно источником влаги и зольных элементов для вегетирующих частей.

По мохообразным можно судить, как в процессе эволюции растения не только приспосабливались к окружающей их среде, но одновременно становились и менее зависимыми от нее, приобретали определенную самостоятельность, которая достигалась и путем создания ими субстрата – почвы.

Атмосферный период продолжался около 200 млн лет. За это время организмы приспособились к жизни в условиях воздушного окружения. Произошли важные эволюционные преобразования растительного мира: сформировался приспособленный к существованию и активному функционированию вне водной среды фотосинтезирующий аппарат, появилось большое генотипическое разнообразие, формирование которого сопровождалось морфоанатомическим и физиологическим прогрессом, осуществлялась дифференциация и специализация тканей, выработалась способность растений развиваться в вертикальной плоскости, широкое господство получили древовидные формы, открывшие путь к наиболее активному поглощению фотосинтезирующим аппаратом лучистой энергии солнца.

Таким образом, благодаря болотному почвообразованию растения эволюционно были подготовлены к освоению литосферной оболочки суши. Однако растительность атмосферного периода имела слаборазвитую корневую систему, приспособленную к условиям влажных органогенных почв. Полное удовлетворение потребности произраставших на болотах растений во влаге и элементах минерального питания не вызывало острой необходимости в существенных преобразованиях подземных органов, что послужило причиной отставания развития корневых систем от наземной части. Дальнейшее совершенствование наземных растений, прежде всего их корневых систем, происходило в период освоения ими литосферы суши.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. – Новосибирск: Наука, 1986. – 193 с.
2. Бахнов В.К. Почвообразование: взгляд в прошлое и настоящее (биосферные аспекты). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 117 с.
3. Комаров В.Л. Происхождение растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 190 с.
4. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. – М.: Наука, 1979. – 275 с.
5. Смоляницкий Л.Я. Некоторые закономерности формирования дернины сфагновых мхов // Ботан. журн. – 1977. – Т. 61. – № 9. – С. 1266 – 1272.
6. Степанов П.И. Теория поясов угленакопления // Юбилейный сборник, посвященный тридцатилетию Великой Октябрьской социалистической революции. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1947. – Ч. 2. – С. 172 – 193.
7. Уранов А.А. Растение и среда // Жизнь растений. – Т. 1. – М.: Просвещение, 1974. – С. 58 – 86.
8. Шенборн В. О первичных биотопах живого мира // Журн. общ. биологии. – 1987. – Т. 48. – № 1. – С. 27 – 40.

ДЕПОНИРОВАНИЕ И ЭМИССИЯ УГЛЕРОДА В БОЛОТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ (ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.М. Волкова, Е.В. Румянцева, Е.Г. Кичакова, Е.Г. Трофимова

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия
E-mail: tgpu@tula.net

Изучены продуктивность растительных сообществ и интенсивность эмиссии углекислого газа из торфяных залежей ненарушенных карстовых и осушенных пойменных болот Тульской области. Показано, что антропогенная нагрузка оказывает негативное влияние на состояние болот и снижает их роль в углеродном балансе.

Участие любой экосистемы в круговороте углерода складывается из процессов его связывания живым веществом и выделения в атмосферу. Соотношение этих процессов определяет функцию экосистемы: является ли она «поставщиком» углерода или его «депо». Известна роль болот как экосистем, в которых процессы депонирования углерода преобладают над его выделением в атмосферу. Однако эти сведения характеризуют болота таежной зоны. Роль болот лесостепной и степной зон в углеродном балансе оставалась невыясненной.

Одним из регионов, характеризующихся слабой изученностью болот в этом отношении, является Тульская область, расположенная на границе зоны широколиственных лесов и северной лесостепи. На данной территории выявлены разнообразные типы болот как по водно-минеральному питанию, так и по положению в рельефе. Объектами исследования являлись карстовые болота, сохранившиеся в естественном состоянии, и подвергшиеся нарушению пойменные болота. На всех объектах для определения количества связанного углерода изучали биологическую продуктивность растительных сообществ (метод укосов для определения надземной продукции, метод монолитов Шалыта для подземной продукции) (Полевая геоботаника, 1960). Для определения количества выделившегося углерода определяли интенсивность эмиссии углекислого газа (метод Макарова в модификации Штатнова) (Штатнов, 1952) с последующим пересчетом на углерод, выделившийся в течение вегетационного сезона. Проведенные исследования позволили выявить отличия между различными типами болот и оценить влияние антропогенного воздействия на функционирование болотных экосистем.

Карстовые болота Ясной Поляны (Щекинский район) характеризуются эвтрофной растительностью (березово-травяно-сфагновые, ивово-белокрыльничково-сфагновые ценозы). Продуктивность таких сообществ достигает 5602 – 6777 г/м², при этом максимум соответствует се-

редине июля – началу августа. NPP фитоценозов составляет 781,3 – 966,6 г/м², что позволяет ежегодно депонировать от 352 до 435 гC/м².

В торфяных залежах исследуемых болот низинного типа доминирующими являются травяные и травяно-сфагновые виды торфа (степень разложения R – 25 – 30%). Глубины залежей варьируют от 0,9 до 3,2 м. Результаты 3-летнего эксперимента (2002 – 2004 гг.), проводимого в период с мая по октябрь, показали, что из торфяных залежей выделяется от 18,3 до 86,6 мгCO₂/м² в час. Максимальная интенсивность эмиссии характерна для конца июня – середины июля. Выделившееся количество углекислого газа с поверхности торфяных залежей соответствует потоку углерода за вегетационный сезон от 37,9 до 54,7 гC/м². Сравнение данных по интенсивности депонирования и эмиссии углерода позволяет утверждать, что процессы связывания углерода преобладают над процессами его выделения в 6,8 – 12,2 раз (Румянцева, Волкова, 2004). Это свидетельствует о положительной роли карстовых болот в углеродном балансе.

В пойменных болотах объектами исследования являются осушенные болота, образованные в поймах рек, относящихся к бассейну Оки. Болота отличаются интенсивностью антропогенной нагрузки, что является причиной различий в продуктивности растительных сообществ и скорости эмиссии углекислоты.

Современный растительный покров болота Маслово (Ленинский район), образованного в старице р. Упа, характеризуется луговыми и сорными ценозами, что является следствием осушения. Продуктивность таких сообществ составляет от 2414,2 до 3391,4 г/м², что позволяет связывать 521 – 717,3 гC/м². Торфяная залежь болота низинная, образована черноольховым торфом (R – 75%). В течение вегетационных сезонов 2004 – 2005 гг. залежь продуцировала от 12 до 305 мг CO₂/м² в час, что составляет в среднем 81 гC/м² за вегетационный сезон. Анализ соотношения процессов депони-

рования и эмиссии углерода позволяет констатировать, что болото продолжает выполнять функцию «депо» углерода.

Следует отметить, что рекультивация осушенных болот способствует снижению «выбросов» углерода, что возможно при обводнении территории. Примером является болото Кочки (Новомосковский район), образованное в пойме р. Марковка. Построение плотины вызвало обильное развитие влаголюбивой растительности, которая характеризуется высокой продуктивностью – $904 - 3657 \text{ г/м}^2$ (NPP – 1850 г/м^2), что позволяет связывать до 833 гС/м^2 . Затопление торфяной залежи (залежь тростниково-травяная, R – 35 – 45%; УБВ от +10 до –13 см от поверхности) снижает активность микрофлоры и интенсивность эмиссии. Результатом является низкая (для осушенных торфяников) скорость выделения углекислого газа ($56,8 - 84,3 \text{ мгСО}_2/\text{м}^2$ в час), что в пересчете на суммарный поток углерода за вегетационный сезон составляет $39,7 \text{ гС/м}^2$. Таким образом, рекультивация осушенных болот способствует снижению интенсивности эмиссии углекислого газа и восстановлению некоторых структурно-функциональных особенностей осушенных пойменных болот.

Отсутствие рекультивации осушенных и выработанных болот приводит к возгоранию переосушенного торфа. Болото Яковлевское (пойма р. Песочный у д. Каньшино, Ленинский район) было осушено в 60-х годах с целью использо-

вания торфа на удобрения, поскольку торфяная залежь образована черноольховым торфом (R – 65%). Осушенная залежь была частично выбрана, растительный покров образован рудеральными сообществами. Отмечено очаговое возгорание торфа. Изучение процессов депонирования и эмиссии углерода на данном объекте проводилось в течение лета 2005 г. Результаты исследования показали, что общая продукция растительных сообществ крайне низка и составляет $212,7 - 264,6 \text{ г/м}^2$ (NPP – 130 г/м^2). Расчет углерода в растительном веществе свидетельствует о депонировании не более 62 гС/м^2 . Торфяная залежь в течение исследуемого периода продуцировала от $39,4$ до $95 \text{ мг СО}_2/\text{м}^2$ в час (в среднем $59 \text{ мг СО}_2/\text{м}^2$ в час). Исходя из полученных данных за период исследования, количество углерода, продуцируемое торфяной залежью, составляет $27,3 \text{ гС/м}^2$ в год. Результаты исследования свидетельствуют о том, что продолжительное осушение торфяной залежи и отсутствие рекультивационных мероприятий способствовали нарушению структурно-функциональных характеристик данной экосистемы: изменился видовой состав растительных сообществ, показатели депонирования и эмиссии углерода характеризуются низкими значениями.

Таким образом, болота лесостепной зоны играют различную роль в углеродном балансе, что связано с интенсивностью антропогенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полевая геоботаника / Под. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – Т. 2. – Л.: Наука, 1960.
2. Румянцева Е.В., Волкова Е.М. Изучение элементов углеродного баланса в болотных экосистемах Тульской области // Материалы Науч. школы «Болота и биосфера». – Томск, 2004. – С. 238 – 245.
3. Шатнов В.И. К методике определения биологической активности почвы // Докл. Всесоюзной академии с/х наук им. В.И. Ленина. – 1952. – Вып. 6. – С. 27 – 28.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЛИГОТРОФНЫХ И ЭВТРОФНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.А. Головацкая

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

E-mail: golovatskaya@imces.ru

Представлены результаты исследования биологической продуктивности на олиготрофных и эвтрофных болотных биогеоценозах Томской области. Оценены запасы биомассы, динамика прироста фитомассы, чистая первичная продукция болотных биогеоценозов. Выявлена зависимость биологической продуктивности от метеорологических и гидрологических условий.

Исследование биологической продуктивности проводилось с 1999 по 2006 г. в стационаре ИМКЭС СО РАН «Васюганье» (Бакчарский район, Томская область) на различных болотных биогеоценозах (БГЦ): олиготрофное болото (сосново-кустарничково-сфагновые (высокий рям, низкий рям), открытая осоково-сфагновая топь) и эвтрофное болото. Измерялись запасы биомассы, прирост фитомассы и мортмассы, чистая первичная продукция надземного яруса (ANP).

Исследование запасов биомассы показало, что максимальные запасы биомассы характерны для эвтрофного болота, среди олиготрофных БГЦ максимальными запасами биомассы характеризуется высокий рям, минимальными – открытая топь. Качественный состав фитомассы значительно отличается на разных БГЦ, что обусловлено характером растительного покрова. Максимальный вклад в запасы живой фито-

массы на всех исследуемых БГЦ вносят корни трав и кустарничков (55 – 69%). Динамика прироста в среднем выражается одновершинной кривой с максимумом в июле или в августе. Максимальным приростом характеризуется эвтрофное болото, а минимальным – открытая топь. Динамика прироста в отдельные годы изменяется в зависимости от погодных условий года исследования.

Продукция разных болотных БГЦ зависит от погодных и гидрологических условий. На высоком ряме ANP зависит от количества осадков и температуры, на низком – от количества осадков и уровня болотных вод, который находится на границе корнеобитаемого слоя. На открытой топи выявлено влияние температуры воздуха на ANP. Для эвтрофного болота основным фактором, определяющим продукцию, является уровень болотных вод.

УГЛЕРОД В БОЛОТНЫХ ВОДАХ

Е.А. Головацкая, Е.Э. Веретенникова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
E-mail: golovatskaya@imces.ru

Представлены данные по содержанию водорастворимого углерода ($C_{вдр}$) в болотных водах, отобранных на верховом и низинном болотах Западной Сибири (стационар «Васюганье» ИМКЭС СО РАН). Выявлено, что с глубиной концентрация $C_{вдр}$ в болотных водах изменяется. Проведена оценка изменения содержания $C_{вдр}$ в болотных водах в течение вегетационного сезона.

Формирующиеся в органогенной среде торфяных залежей, болотные воды содержат в высоких концентрациях не только органическое вещество, но и углерод, значительно превышающий его содержание в речных водах. Учитывая, что масса болот более чем на 91% представлена болотными водами, запасы которых в ландшафтах Западной Сибири оцениваются внушительной цифрой – 4,3 км³, роль болотных вод в глобальном круговороте углерода становится очевидной.

В работе представлены данные по содержанию водорастворимого углерода ($C_{вдр}$) в болотных водах, отобранных на верховом и низинном болотах Западной Сибири (стационар «Васюганье» ИМКЭС СО РАН). Пробы болотных вод отбирались с поверхности торфяных залежей и из пластиковых трубок, установленных внутри торфяных залежей на следующие глубины: 20, 40, 60, 80, 100 и 150 см. Водорастворимый углерод определялся в лаборатории мониторинга лесных экосистем ИМКЭС СО РАН согласно ГОСТ 23740-79.

В целом содержание $C_{вдр}$ в болотных водах

изменяется от 31 до 120 мгС/л, что практически не отличается от ранее полученных данных для болотных вод этой же территории. При этом воды верхового болота характеризуются более высоким содержанием $C_{вдр}$ (68 мгС/л) по сравнению с водами низинного (42 мгС/л), что возможно связано с большим количеством формирующихся в верховых болотах гумусовых веществ. Следует отметить, что с глубиной концентрация $C_{вдр}$ в болотных водах изменяется. В глубоких слоях болотных вод скорость продуцирования $C_{вдр}$ снижается, но в связи с замедлением диффузии в верхние горизонты общая его концентрация может быть достаточно высокая. Так, в водах верхового болота на глубине 100 см концентрация $C_{вдр}$ возрастает в несколько раз по сравнению с поверхностью и достигает 120 мгС/л.

Содержание $C_{вдр}$ в болотных водах изменяется в течение вегетационного периода. Так, минимальное содержание $C_{вдр}$ выявлено в мае, а максимальное – в июне, в период наиболее активной деятельности биологических процессов, протекающих в торфяных залежах.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УГЛЕРОДА В ТОРФЯНИКАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И.Д. Гродницкая¹, Н.Д. Сорокин¹, М.Ю. Трусова²

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

² Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: microlab@forest.akadem.ru

В результате исследований двух типов торфяников установлено, что доминантными формами в обоих были бактерии гидролитиков, относящиеся к копиотрофам и олиготрофам. Отмечено снижение численности гидролитиков, особенно в Озерном болоте. Количество микробной биомассы и интенсивность их дыхания различались по типам болот и по глубинам. В Жуковском болоте наиболее высокие значения биомассы гетеротрофов отмечены в аэробной зоне: на глубине 0 – 10 см (160 мкг/г торфа). В Озерном болоте максимальное значение биомассы отмечено в зоне анаэробногения на глубине 300 см (726 мкг/г почвы). Молекулярно-генетическим методом определен спектр метаногенов: выявлено 7 неидентифицированных доминирующих форм. Видовое разнообразие метанобразующих микроорганизмов выше в верховом олиготрофном болоте (Озерном), чем в евтрофном низинном (Жуковское).

Микробные сообщества болот Западной Сибири регулярно подвергаются циклическим процессам замораживания-оттаивания и более полугодия пребывают в замороженном состоянии; даже в летние месяцы температура поверхностных слоев торфа не превышает 15 °С. Следовательно, сфагновые болота представляют собой один из экстремальных типов природных экосистем, для которого характерны кислая реакция (рН 3,0 – 5,5), низкая буферность, низкое содержание минеральных солей, преобладание пониженных температур. При гетеротрофном разложении органического вещества образуется значительное количество углекислоты, которое частично поступает в атмосферу, но в большей степени задействовано в биогеохимическом круговороте и в дальнейшей трансформации. Микробиологические процессы разложения и накопления органического вещества в анаэробных условиях сопровождаются образованием метана (метаногенезом), а в аэробных – потреблением метана (метанотрофией); степень сбалансированности обоих процессов и определяет величину эмиссии CH₄.

В болотно-торфяных почвах Западной Сибири существуют определенные особенности в структуре, динамике и функционировании микробных сообществ. Следовательно, было важно выявить активность жизнедеятельности основных функциональных групп микроорганизмов, определить биомассу и интенсивность дыхания гетеротрофов, установить пространственное и видовое распределение метаногенных архей в зависимости от типа болот и глубин залегания торфяных слоев.

Почвенные образцы отбирались из двух типов болот, находящихся в Томской области:

Малое Жуковское (1) – евтрофное низинное (с нормальной соленостью 8 – 10%), увлажняемое грунтовыми водами, и Озерное (2) – олиготрофное верховое болото с бедным минеральным питанием (соленость верхнего слоя менее 4%). Образцы с обоих типов болот отбирались до глубины 325 см.

Известно, что в биогеохимических процессах наземных экосистем, наряду с культивируемыми микроорганизмами, существенную роль играют некультивируемые формы. Для анализа микробного разнообразия в двух типах болот был применен интеграционный подход, с использованием различных методов: традиционного (на питательных средах), генетического анализа и определения потенциальной метаболической активности почв. Общую численность, состав эколого-трофических групп микроорганизмов и их систематическую принадлежность определяли общепринятыми классическими методами (Методы..., 1991; Добровольская и др., 1989). Хроматографически определены биомасса микроорганизмов, интенсивность дыхания и величины метаболического коэффициента (Ананьева, 2003). С применением метода денатурирующего градиентного гель-электрофореза амплифицированных фрагментов гена 16S рРНК (ПЦР-ДГГЭ) была проанализирована структура видового разнообразия и пространственного распределения доминирующих форм археобактерий в обоих болотах (Жуковском и Озерном). Из образцов, отобранных с разных глубин (50 – 300 см) была выделена бактериальная ДНК и проведена полимеразная цепная реакция (ПЦР) с праймерами, специфичными к гену 16S рРНК археобактерий (Muyzer et al., 1993).

Контуры распределения микрофлоры в толще торфяника зависели от многих параметров: температурного и гидрологического режимов почв, pH, Eh, ботанического состава торфа. В почвах торфяников не установлено четкой границы по численности микроорганизмов между подстилкой и почвенными горизонтами, вниз по профилю не происходит убывания плотности микробных группировок (Гродницкая, Сорокин, 2004). Доминантными среди бактерий обоих торфяников были бактерии гидробионты, относящиеся к копиотрофам и олиготрофам, способные усваивать лишь водорастворимые мономеры. Отмечено снижение численности гидролитиков, особенно в Озерном болоте, что является одной из причин медленной деструкции растительных остатков в торфяниках. Наличие факультативно-анаэробных форм бактерий (р. *Clostridium* и *Cellulomonas*), а также метаногенных археобактерий, продуцирующих метан при низком окислительно-восстановительном потенциале, свидетельствует о совместной активности этих групп бактерий и об их кооперации.

Общая биомасса микроорганизмов также неравномерно распределялась по типу и профилю торфяников. В Жуковском болоте максимальные значения микробной массы гетеротрофов отмечены в аэробной зоне: в слоях 0 – 10 (160 мкг/г торфа) см и 30 – 40 см. В Озерном болоте наибольшее значение биомассы зарегистрировано на глубине 300 см (726 мкг/г торфа), что значительно превышало биомассу аэробной зоны, очевидно, что на этой глубине процессы разложения органики протекали более интенсивно за счет совместной деятельности факультативно-анаэробной и анаэробной микрофлоры. Как в евтрофном торфянике, так и в олиготрофном отмечена высокая прямая

корреляция между уровнем биомассы микроорганизмов и pH ($r = 0,8$ и $r = 0,6$ соответственно). Интенсивность дыхания гетеротрофов в Жуковском болоте коррелировала с увеличением их биомассы по всему разрезу торфяника ($r = 0,8$), в Озерном – только в аэробной зоне ($r = 0,95$). Коэффициенты метаболической активности в обоих типах болот (Озерное – от 0.003 до 0.54 и Жуковское – от 0.03 до 0.4) не превышали 1, что отражало нормальное функционирование микробных сообществ обоих типов торфяников, их стабильный экофизиологический статус. Молекулярно-генетический метод позволил определить в исследуемых образцах наличие спектра метаногенов, среди которых было выявлено 7 неидентифицированных доминирующих форм. Полученные результаты свидетельствуют о функционировании различных групп и видов метаногенов на разных глубинах болот. Видовое разнообразие метанобразующих микроорганизмов выше в верховом олиготрофном болоте (Озерное), чем в евтрофном низинном (Жуковское).

Таким образом, микробиологическая активность в торфяных почвах болот Западной Сибири зависит от типа торфяника, от количества видов метаногенов, от биохимической сопряженности различных групп микроорганизмов и от интенсивности их метаболических процессов. Совместное взаимодействие различных групп микроорганизмов, осуществляющих как процессы деструкции органических веществ (гидролитиков – копиотрофов – олиготрофов), так и накопление органики (метаногенов) обеспечивает активное и стабильное функционирование лесоболотных экосистем Западной Сибири.

Работа выполнена при поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 24.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. – М.: Наука, 2003. – 222 с.
2. Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д. Почвенно-микробиологический мониторинг лесоболотных экосистем Западной Сибири // Почвоведение. 2004. – № 8. – С. 945 – 951.
3. Добровольская Т.Г., Полянская Л.М., Лысак Л.В. Методы выделения и идентификации почвенных бактерий. – М.: МГУ, 1989. – 72 с.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
5. Muyzer G., de Waal E.C., Uitterlinden A.G. // Appl. Environ. Microbiol. – 1993. – V. 59. – № 3. – P. 695 – 700.

ПОВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТОРФЯНИКОВ НИЗИННОГО ТИПА В МЕНЯЮЩЕЙСЯ ЕСТЕСТВЕННЫМ И АНТРОПОГЕННЫМ ПУТЕМ ПРИРОДНОЙ ОБСТАНОВКЕ

М.И. Дергачева¹, С.С. Потапова²

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: mid@yandex.ru

² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

Необходимость научно-обоснованных прогнозов поведения почв в меняющейся под влиянием естественных и (или) антропогенных причин природной обстановке требует всесторонних знаний всех их составляющих. Для обоснования таких прогнозов требуется обширная фактологическая база, отражающая поведение каждого из компонентов почв в разных естественных и создаваемых человеком ситуациях.

Гумусовые вещества, представляющие собой природную открытую систему, обладают свойствами сенсорности и рефлекторности по отношению к природной среде, и являются тем компонентом биосферы, который отражает, кодирует и сохраняет во времени в своем составе и свойствах все существенные изменения природной среды. Если по отношению к гумусу минеральных почв основные вопросы поведения системы гумусовых веществ широко обсуждаются и вполне доказано, что эта система принимает участие в формировании памяти почв, являясь компонентой, в которой фиксируется информация об условиях его формирования, то в отношении торфяников и торфяных почв эта проблема пока не обсуждалась.

В связи с этим в настоящем сообщении рассматриваются вопросы, связанные с поведением системы гумусовых веществ торфяников низинного типа при изменяющейся антропогенным путем обстановке, а также изменение ее состава и свойств в процессе естественного тренда природной среды. Любые новые материалы будут способствовать решению поставленной проблемы.

Анализ неоднородности торфяной толщи по составу и свойствам органического вещества, проведенный на примере Толмачевско-Криводановского торфяного массива Новосибирской области показал, что торфяная толща формировалась в меняющейся природной обстановке.

Основной особенностью торфяника являются значительные запасы углерода и азота, неоднородность по составу органического вещества, а также разная, но в целом высокая насыщенность органического вещества азотом.

Характер электронных спектров гуминовых кислот разных горизонтов не идентичен. Существенные различия в интенсивности и наклоне кривой светопропускания выявлены между верхней и нижней частью органо-генной толщи, переходными органо-минеральными горизонтами и подстилающей толщей.

В верхней части они имеют более низкие коэффициенты цветности (E4:E6), повышенные коэффициенты светопропускания, небольшие различия оптических свойств гуминовых кислот I и III фракций, увеличивающиеся в нижней органо-генной толще. Совокупность гуминовых кислот минеральной части профиля торфяника специфична: все фракции этого компонента гумуса имеют, судя по характеристикам оптических свойств, сходное строение. Таким образом, в целом с глубиной конденсированность гуминовых кислот возрастает.

Это подтверждается результатами изучения их элементного состава: с глубиной увеличивается доля углерода (в среднем от 30% в верхнем и до 40 ат.% – в нижних горизонтах). Доля водорода, наоборот, уменьшается в среднем на 5 – 10%. Содержание азота колеблется от 1,8 до 2,1%, гуминовые кислоты относятся к окисленным формам. Насыщенность их азотом при этом снижается.

По совокупности изученных характеристик изученную толщу торфяника можно разделить на три условные части. Каждая из них венчается горизонтом наибольшей аккумуляции гуминовых кислот и минимальным – негидролизуемого остатка, различаются характером изменения свойств отдельных компонентов и их фракций по профилю.

Верхняя часть (до 40 – 50 см) характеризуется достаточно высоким содержанием углерода (в среднем – четверть от массы торфа), доля азота не превышает 2,4 – 2,7% от массы, запасы С и N невысоки и составляют около трети запасов в метровой толще. Эта часть характеризуется равномерным содержанием гуминовых кислот (ГК I и ГК III), но постепенно убывающим распределением группы гуминовых ки-

слот в целом. Отношение группы гуминовых кислот к фульвокислотам изменяется в среднем от 2,1 до 1,5, что позволяет отметить происходящие изменения гумуса от гуматного типа к фульватно-гуматному. Количество азота в растворимых фракциях гумусовых веществ в целом имеет постепенно убывающий характер, хотя в гуминовых кислотах содержание его почти не изменяется с глубиной.

Верхняя часть характеризуется также совокупностью гуминовых кислот с более низкими коэффициентами цветности, увеличением их с глубиной в пределах толщи, и существенными различиями коэффициентов оптической плотности между гуминовыми кислотами разных фракций.

Средняя часть (до 100 см) по основным показателям содержания и состава гумуса толщи характеризуется наиболее высоким содержанием органического углерода и азота, наибольшими их запасами и мало изменяемым соотношением C:N, постепенным уменьшением с глубиной доли гуминовых кислот фракции I и III. В целом этот компонент гумуса имеет в пределах рассматриваемой толщи убывающе – возрастающий характер. Доля фульвокислот изменяется здесь мало, и распределение этого компонента можно считать равномерным. Содержание негидролизуемого остатка значительно выше, чем в вышерасположенной толще (в среднем более 45%). Тип гумуса гуматный и гуматно-фульватный. Характер распределения азота гумусовых веществ в этой толще соответствует распределению гумусовых веществ.

Эта толща отличается более высокими величинами коэффициента цветности всех фракций гуминовых кислот, которые, имея близкие соотношения элементов углерода и водорода, характеризуются меньшей насыщенностью азотом.

Третья часть исследуемой толщи торфяника – минеральная подстилающая толща содержит от 4 до 5% органического углерода и примерно одну десятую долю от него – азота, но запасы обоих элементов невелики. Эта часть характеризуется дальнейшим постепенным снижением доли гуминовых кислот фракции I, увеличением ГК II и III, очень низким содержанием фульвокислот фракции I, постепенным снижением общего количества фульвокислот и уменьшением негидролизуемых форм органического вещества. Соотношение гуминовых кислот и фульвокислот составляет около 2,5, что свидетельствует о резком возрастании гуматности органического вещества. Содержание азота в составе фульвокислот увеличивается, а в негидролизуемом остатке снижается, доля азота в гуми-

новых кислотах фракции II возрастает, тогда как насыщенность азотом фракции III этого компонента гумуса уменьшается.

Совокупность гуминовых кислот третьей части профиля торфяника является можно сказать уникальной: все фракции этого компонента гумуса имеют сходное соотношение периферических и «ядерных» группировок, что отражается в очень близких величинах коэффициента цветности (около 3), однако в целом оптические свойства ГК увеличиваются в ряду ГК I – ГК II – ГК III.

Изучение элементного состава гуминовых кислот показывает, что формирование толщи торфяника происходило в условиях постепенного похолодания климата: доля углерода в ГК имеет тренд к снижению от нижних частей залежи к верхним, конденсированность макромолекул в этом же направлении уменьшается, доля водорода сокращается с глубиной.

Нижняя, подстилающая торфяную залежь часть вскрытой толщи торфяника формировалась первоначально в автоморфных и относительно теплых условиях, о чем свидетельствует отсутствие (в отличие от органогенной толщи) фракции P_g и соотношение основных элементов в составе ГК.

Средняя, выделенная нами часть формировалась в относительно наиболее теплых условиях, о чем свидетельствуют не только приведенные выше характеристики, но и элементный состав гуминовых кислот.

Верхняя часть торфяной залежи формировалась, судя по характеристикам гуминовых кислот, в относительно менее теплых условиях.

Влияние антропогенных нагрузок на торфяную толщу проявляется в соотношении компонентов системы гумусовых веществ, которое изменяется, впрочем, в пределах характерных для целинных вариантов соответствующих торфяников.

Естественное зарастание среднего слоя торфа после двух, четырех и десяти лет сработки торфяной залежи не изменило существенно состав гумуса, соотношение в нем ГК и ФК и насыщенность этих компонентов азотом, а также соотношение фракций, которое остается близким к невыработанным вариантам.

Отношение Н/С после двух, четырех и десяти лет естественного зарастания сработанной торфяной залежи все годы флуктуировало в пределах 1,09 – 1,30, составив в торфе после десяти лет выработки $1,23 \pm 0,05$.

Обсуждаемые результаты свидетельствуют о сравнительно хорошей устойчивости системы гумусовых веществ во времени и возможности использовать их для определения природных условий их формирования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С.П. Ефремов, Т.Т. Ефремова

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: Institute@forest.akadem.ru

Обсуждается проблема классификации болот и заболоченных лесов по признакам энергомассообмена. Анализируется информационный потенциал прямых и косвенных методов изучения торфонакопления. Охарактеризованы запасы углерода в различных группах и фракциях органического вещества торфяных залежей Западной Сибири. Предложена версия последовательной сработки этих компонентов при нарастании «парникового» разогрева планеты.

Разработка новых и совершенствование традиционных методических подходов к экспериментальной диагностике количественных и качественных показателей торфонакопления, а также биохимической трансформации органического вещества, ежегодно накапливаемого растительной биотой и микробозооценозами, являются необходимым условием объективизации результатов комплексных исследований квазикоренных биогеосистем гидроморфного ряда развития. В последние десятилетия внимание к ним существенно активизировалось вследствие более четкого осознания научным сообществом роли болот в глобальном энергомассообмене, захватывающем прежде всего систему важнейших компонентов биосферы – фито-педо-гидро-атмосферу.

На протяжении всего голоценового периода по суммарному продукционному эффекту болота были и остаются, пожалуй, единственными планетарно значимыми биоаккумулятивными резервуарами стока и неопределенно длительного удержания атмосферного углерода вследствие положительного баланса депонируемых запасов органического вещества и заключенной в нем солнечной энергии. В этом смысле плащевые (бассейновые) агломерации торфяно-болотных комплексов Западной Сибири, локальные скопления и по-иному распределенные мелко- и среднеконтурные их аналоги диагностируют собой неповторимый в мире сценарий тотального совмещения болотообразовательного, торфонакопительного и лесообразовательного процессов.

Результатом такого совмещения является широкий диапазон зональных, подзональных и экотопических спектров болотных и лесоболотных экосистем, иерархические уровни которых оцениваются по фитоценотическим, геоморфологическим, водообменным и другим косвенным признакам. В силу недостаточной изучен-

ности приходно-расходных статей энергомассообмена такие классификации еще не полностью отражают биогеоценотическую сущность взаимоотношений компонентов болот и заболоченных лесов и еще слабо характеризуют их реальное место и роль в биосфере. Вероятно, в ближайшее время и не следует ожидать появления классификаций гидроморфных экосистем с подобной мотивированной ориентацией, несмотря на их очевидную необходимость. Причину этого мы видим в целой группе ограничивающих факторов, важнейшими из которых являются, во-первых, слабая обеспеченность идеи экспериментальными данными, а, во-вторых, отсутствие единых унифицированных и надежных методов анализа годичных приростов органического вещества и депонируемой мортмассы, которые в полной мере соответствовали бы политипной природе болот, учитывали бы сложную мозаику территориального распределения растительных сообществ в зависимости от их экотопической и зональной приуроченности, а также динамику адекватного торфонакопления по количеству и качеству вовлекаемой в круговорот и трансформируемой биомассы. Существующие методы экспериментальной диагностики продукционного процесса на болотах можно разделить на две категории: 1) непосредственного получения опытных данных в полевых условиях; 2) кумулятивного анализа косвенных признаков, позволяющих при различных комбинациях их количественных и качественных показателей производить ориентировочные расчеты объемов и темпов торфонакопления. Каждая из указанных категорий имеет свои преимущества и недостатки.

Первая категория методов основывается на многочисленных возможностях прямой оценки текущего прироста надземной и подземной фитомассы методами укосов, опадоуловителей,

меток, линейных замеров, разбора почвенных монолитов и т.п. при сколь угодно повторностях. Естественно, в этом случае мы имеем дело со свежей фитомассой, которой еще только предстоят длительные этапы превращений в зрелый торф. Вторая категория методов в большей степени имеет дело со слежавшимися и датированными по радиоуглероду торфяными отложениями, пребывающими на различных стадиях более глубокого разложения и гумификации органического вещества. Ежегодная физическая компрессия новейших напластований мортмассы на болотах – важнейший фактор формирования зрелых торфяных залежей, ве-

личину которой, как правило, не учитывают при экспериментальной диагностике современных и былых темпов торфонакопления. Нашими исследованиями установлено, что наибольшие показатели компрессии свежей мортмассы наблюдаются в заболоченных и болотных лесах в пределах горизонтальной проекции ствола и кроны деревьев. Результатом этого является более выраженная дифференциация малых и средних форм почвенной поверхности, которые одновременно индицируют в этих условиях мозаичный, как бы «микроволновой» характер всего продукционного процесса по количеству и качеству энергомассообмена.

Запасы углерода в различных группах и фракциях органического вещества торфяных болот Западно-Сибирского природного макрорегиона*

Состав органического вещества	Типы торфа						Всего, млн т	% С _{общ.}
	низинный		переходный		верховой			
	млн.т	% С _{общ.}	млн.т	% С _{общ.}	млн.т	% С _{общ.}		
Общие запасы углерода	25734	46.71	7096	12.88	22266	40.41	55096	100.00
В том числе:								
Липиды	2085	3.78	546	0.99	1291	2.34	3922	7.12
Гумусовые вещества, из них:	6768	12.28	2540	4.61	10510	19.07	19818	35.97
гуминовые кислоты	2831	5.14	1362	2.47	6791	12.32	10984	19.94
1-я фракция	1235	2.24	681	1.24	1848	3.35	3764	6.83
2-я фракция	0	0	71	0.13	490	0.89	561	1.02
3-я фракция	1596	2.90	610	1.11	4453	8.08	6659	12.09
фульвокислоты	3937	7.14	1178	2.14	3719	6.75	8834	16.03
1-я фракция	412	0.75	85	0.15	267	0.48	764	1.39
1-а фракция	1261	2.29	468	0.85	1225	2.22	2954	5.36
2-я фракция	309	0.56	64	0.12	379	0.69	752	1.36
3-я фракция	1955	3.55	561	1.02	1848	3.35	4364	7.92
Полисахариды, из них:	5507	9.99	1384	2.51	3162	5.74	10053	18.25
гемилцеллюлозы	2342	4.25	639	1.16	1826	3.31	4807	8.72
целлюлоза	3165	5.74	745	1.35	1336	2.42	5246	9.53
Гумин	11374	20.64	2626	4.77	7303	13.25	21303	38.66

* абсолютно сухое состояние.

Данные таблицы свидетельствуют, что торфяные залежи гетерогенны не только по морфоструктуре деятельной поверхности, но и по компонентному составу органического вещества и биохимической устойчивости его отдельных групп и фракций во времени и пространстве. Это обстоятельство позволяет высказать ряд прогностических предположений, актуальных с точки зрения взаимоотношений климата и резервуаров естественного стока атмосферного углерода, одним из которых являются торфяные болота. Прогрессирующее потепление климата приведет к безусловному падению уровня почвенно-грунтовых вод и улучшению режима аэрации в болотных экосистемах. Это повлечет ускоренное разложение органического вещества торфов и их гумификацию. Трансформацией неизбежно бу-

дут последовательно охвачены все группы и фракции органических соединений, начиная в первую очередь с группы полисахаридов как наименее устойчивых: суммарные запасы углерода здесь превышают 10 млрд т, и именно они являются лидирующими кандидатами на возврат в атмосферу. Подвергнутся биохимическому разложению даже наиболее устойчивые компоненты – лигнин, гумин, воско-смолы. Под влиянием потепления активизируются минерализационные процессы, что приведет к усилению выбросов CO₂ в атмосферу и нежелательной «сработке» мощности торфяных пластов. Реальную угрозу таких преобразований следует оценивать как неблагоприятный фактор, могущий резко снизить положительную биосферную роль гидроморфных комплексов Западной Сибири.

Известно, что снижение качества болотных вод, так или иначе поступающих со стоком в реки, обусловлено их цветностью – показателем растворения гумусовых компонентов. В настоящее время в болотных водах региона суммарно растворено 50,1 млн т органического углерода. Логично ожидать, что с климатогенной активизацией процессов разложения органики гумусовая составляющая в болотных водах по-

лучит адекватное усиление, которое повлечет за собой возрастающий вынос растворенных форм органического углерода и резкое ограничение окислительного потенциала вод. Экологические последствия такого сценария для биоты самих болот, рек и озер заторфованных бассейнов нетрудно предугадать.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (05-04-48517).

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В БОЛОТНЫХ ВОДАХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА

Е.С. Иванова, Ю.А. Харанжевская

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО РАСХН, Томск, Россия

E-mail: ivanova_e_s@bk.ru, ltetomsk@yandex.ru

Целью данной работы является изучение содержания органических веществ в болотных водах верхового болота, расположенного на отрогах Васюганского болота. По результатам исследований отмечено преобладание водорастворимого углерода в болотных водах, при этом органические вещества по уменьшению концентрации располагаются в ряд: водорастворимый углерод – фульвокислоты – гуминовые кислоты. Кроме того, отмечена закономерность увеличения концентраций по профилю болота от пункта 5 к пункту 2 и к концу вегетационного периода.

Болотные воды характеризуются кислой реакцией среды, богаты органическим веществом (ОВ) гумусовой природы, отличаются низкой минерализацией, отсутствием растворенного кислорода. По классификации (Перельман, 1982) относятся к холодным, глеевым, преимущественно к слабокислым. Нами были проанализированы две главные совокупности гуминовых кислот (ГК): гуминовые кислоты и фульвокислоты (ФК), а также углерод водорастворимый ($C_{вдр}$).

Цель исследования – провести анализ содержания органических веществ в болотных водах. Исследования проводились в пределах водораздельной болотной экосистемы, представляющей собой северо-восточные отроги Васюганского болота в основных биогеоценозах: сосново-кустарничково-сфагновый с высокой сосной (высокий рям, пункт 2), сосново-кустарничково-сфагновый с низкой сосной (низкий рям, пункт 3), осоково-сфагновая топь (пункт 5). Мощность торфяной залежи верхового болота достигает 3 метров, сверху сложена фускум-торфом, снизу переходным древесно-сфагновым и низинным осоковым видами торфа. Более подробно природные условия описаны в (Васюганское болото, 2003).

Отбор проб болотной воды проводился из водомерных колодцев, оборудованных в пунктах наблюдения согласно (Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, 1989). Анализы ГК, ФК и $C_{вдр}$ проводили по общепринятым методикам (Пономарева, Николаева, 1961; Тюрин, 1937) в лаборатории аналитических исследований в СибНИИСХиТ.

Важная роль в формировании состава болотных вод и торфяной залежи отводится водорастворимым гуминовым кислотам. В целом по профилю количество гуминовых кислот в болотной воде не превышает 10 мг/л. В пункте 2 наблюдается увеличение гуминовых кислот до 17,85 мг/л (рис. 1). Наименьшее значение

отмечено в пункте 5 – 2,55 мг/л. Это может быть связано как с их ботаническим составом, так и с более интенсивным вымыванием новообразованных гуминовых кислот при трансформации растительных остатков в торфяной залежи при проточных условиях (Инишева, 2005).

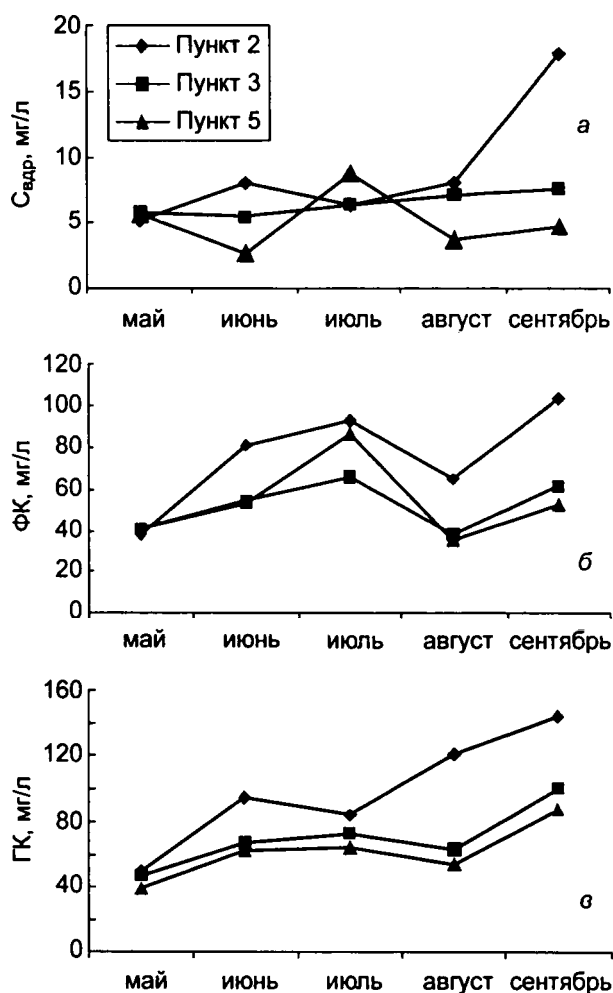


Рис. 1. Сезонные изменения количественного содержания ГК (а), ФК (б), $C_{вдр}$ (в)

Содержание ФК в болотной воде значительно превышает количество гуминовых кислот и находится в пределах от 35,2 до 103,62 мг/л, в среднем 60,53 мг/л. Это объясняется наибольшей растворимостью ФК, что связано с более высоким вкладом в их структуру карбоксильных групп и фенольных оксигрупп, а также меньшей молекулярной массой мономеров и ассоциатов. ФК в болотных водах почти на порядок превышает содержание ГК (Инишева, 2005). За период исследований было установлено два пика высоких значений во всех пунктах наблюдений в июле и сентябре.

Рассмотрим сезонное изменение концентрации водорастворимого углерода в водах болотного профиля. В целом концентрация $C_{\text{вдр}}$ за вегетационный период 2006 г. в болотных водах изменяется от 38,1 до 145,4 мг/л, при среднем значении 46,76 мг/л. Наблюдается закономерное увеличение содержания $C_{\text{вдр}}$ к сентябрю. Это может быть связано с более высокими температурами в осенний период. Среднемесячная температура за сентябрь составила 16,1 °С. Максимальные значения отмечены в пункте 2 – 145,4 мг/л. По мнению С.Л. Шварцева, данный факт не может быть объяснен более активным питанием болота подземными водами. Это связано с большей залесенностью пункта 2, соответственно большим лесным опадом, большим количеством формирующегося здесь

органического вещества, а значит, и органических соединений в воде (Шварцев, 2005).

Ярким показателем интенсивности разложения ОВ служит отношение $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$. Значение этого показателя закономерно возрастает от пункта 5 к пункту 2. Отношение $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ характеризуется значениями меньше единицы для всех вариантов и составляет от 0,10 до 0,13. Метровый деятельный слой торфяной залежи олиготрофного болота характеризуется гуматно-фульватным составом гумуса.

В болотной воде наблюдается преобладание ОВ, которое образует комплексные соединения с некоторыми элементами (Fe, Mg, Al, Si и др.). Вследствие этого гумусовые вещества становятся более устойчивыми, доля ФК в составе органического вещества снижается. При этом надо полагать, что интенсивность миграции ОВ определяется сложным составом собственно болотных вод. К этому следует добавить сложный комплекс химических реакций, включающих в себя процессы синтеза и ресинтеза ОВ в торфяной залежи, а также микробо-энзимологические превращения ОВ самих торфов (Перельман, 1982). Поэтому по результатам исследований выявляется общая закономерность увеличения концентрации ОВ в результате их миграции от пункта 5 к пункту 2. Согласно исследованиям (Езупенок, 2004) вынос $C_{\text{вдр}}$ со стоком составил 6604 кг/км².

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование)*. – 2-е изд. / Под ред. чл.-корр. Л.И. Инишевой. – Томск: ЦНТИ, 2003. – 212 с.
2. Езупенок Е.Э., Харанжевская Ю.А., Инишев Н.Г. Водорастворимый углерод в болотных и речных водах // *Материалы Третьей научной школы «Болота и биосфера»*. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2004. – С. 192 – 195.
3. Инишева Л.И., Юдина Н.В., Инишев Н.Г., Головченко А.В. Распределение органических веществ в системе геохимически сопряженных болотных ландшафтов // *Геохимия*. – 2005. – № 2. – С. 1 – 9.
4. *Наставления гидрометеорологическим станциям и постам*. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Вып. 8. – 201 с.
5. Пономарева В.В., Николаева Т.А. Методы изучения органического вещества в торфоболотных почвах // *Почвоведение*. – 1961. – № 5. – С. 88 – 95
6. Перельман А.И. *Геохимия природных вод*. – М., 1982. – 154 с.
7. Тюрин И.В. *Органическое вещество почв: Учение о почвенном гумусе*. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1937. – 287 с.
8. Шварцев С.Л., Здвижков М.А., Рассказов Н.М. Органические вещества и микрофлора болотных вод Васюганья // *Шестое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Материалы совещания*. – Томск, 2005. – С. 538 – 544.

ГУМИФИКАЦИЯ КАК ФАКТОР КОНСЕРВАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

И.Д. Комиссаров, М.П. Сартаков, А.А. Миронов

Тюменская государственная сельскохозяйственная академия, Тюмень, Россия

E-mail: chemagro@pochta.ru, plein@pochta.ru

Накопление гуминовых веществ в болотных экосистемах ограничивает эмиссию CO_2 в атмосферу, влияет на эволюцию болот и на механизм трансформации торфяников при хозяйственном использовании за счет формирования специфических окислительно-восстановительных и протолитических условий.

Глобальный биогеохимический цикл углерода в научных публикациях имеет неоднозначные количественные оценки. Тем не менее есть основания полагать, что фотосинтез и дыхание растительных и микробных сообществ играют основную роль в этом динамическом процессе. В ходе биологического круговорота углерода в биосфере ежегодно создается около $267 \cdot 10^9$ т диоксида углерода, а ежегодный приток CO_2 за счет индустриальной и хозяйственной деятельности составляет около 10% от этой величины и имеет тенденцию к дальнейшему увеличению (Ковда, 1976).

Помимо эмиссии диоксида углерода в процессе сжигания ископаемых топлив в последнее время внимание научной общественности привлечено к проблеме окисления гумуса пахотных почв и осушенных торфяников, занимающих значительные территории и существенно влияющих на поступление двуоксида углерода в атмосферу. Эти обстоятельства вызывают необходимость углубления существующих представлений о развитии и функционировании торфяно-болотных экосистем.

Важным фактором в этих процессах является гумификация отмерших растительных организмов и микробных метаболитов, которая ведет к образованию и накоплению специфических гуминовых веществ, осуществляющих консервацию органического вещества, предохраняя его, в известной мере, от тотальной минерализации вследствие своей термодинамической устойчивости. Таким образом, происходит изъятие из круговорота локальной болотной экосистемы 5 – 15% биомассы (Бамбалов, Ракович, 2005), что ограничивает эмиссию CO_2 в атмосферу. Сам процесс гумификации можно рассматривать в рамках модели природного «биохимического реактора», эффективность работы которого по целевому продукту определяется широким набором переменных параметров экосистемы. Накопление гуминовых веществ в болотных экосистемах существенно

изменяет их биологическую активность и физико-химические свойства вследствие особенностей химической природы и молекулярной структуры гуминовых кислот.

В соответствии с представлениями о двучленном строении макромолекул гуминовых кислот (Комиссаров, Логинов, 1971), они могут быть охарактеризованы как многофункциональные гетерополиконденсаты со статистически непрерывным набором различных структурных единиц, неоднородных по размерам конденсированных ароматических ядер, длине и составу соединительных звеньев, а также периферийных алифатических цепей, являющихся нерегулярными структурными элементами. Строение макромолекул не является строго стабильным, оно подвержено статистическим флуктуациям.

Носителями специфических свойств гуминовых кислот являются конденсированные ароматические ядра, соединенные друг с другом через цепи, имеющие достаточное сопряжение углерод-углеродных и других связей, обеспечивающее свободное движение делокализованных электронов в пределах всей макромолекулы.

При двучленном строении макромолекул гуминовых кислот содержащийся в них углерод находится в двух формах: с sp^2 -валентными электронами и в виде алифатического углерода с sp^3 -гибридизированными электронными орбиталями. Различие в их энергиях связи достигает 57,08 гДж/моль, что определяет неодинаковое их поведение при термической деструкции, окислении, гидролитических воздействиях и биохимической атаке.

Отличительные особенности гуминовых веществ не только ограничивают эмиссию диоксида углерода в болотных экосистемах, но и оказывают существенное влияние на эволюцию и процессы трансформации торфяников при хозяйственном использовании, формируя специфические окислительно-восстановительные условия и протолитическую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бамбалов Н.Н., Ракович В.А. Роль болот в биосфере. – Минск, 2005. – С. 277.
2. Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком // Биогеохимические циклы в биосфере: Материалы VII пленума СКОПЕ. – М., 1976. – С. 19 – 85.
3. Комиссаров И.Д., Логинов Л.Ф. Структурная схема и моделирование макромолекул гуминовых кислот // Научные труды Тюменского СХИ. – 1971. – Т. XIV. – С. 56 – 62.

PEAT DECOMPOSITION IN MIRE ECOSYSTEMS OF BAKCHAR BOG UNDER DIFFERENT HYDROTHERMAL CONDITIONS

N.G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

E-mail: coronat@mail.ru

In the paper peat weight losses and a rate of the process in a poor fen, raised bog and ridge ecosystems of southern taiga wetland are characterized in connection with hydrothermal conditions.

Peatbog ecosystems play an important role in global carbon cycle. Carbon balance includes admission (inlet fluxes) to the ecosystem and emission (mineralization fluxes) from the ecosystem (Titlyanova, Tesarzhova, 1991). Admission of carbon is characterized by net primary production value, mineralization fluxes – by CO₂ and CH₄ emission value generating during organic matter decomposition under aerobic and anaerobic conditions, respectively. There is the scarcity of investigations of carbon losses during vegetative decay in mire ecosystems.

In 2006 field experiments were carried out to define peat weight losses during decomposition in Bakchar bog in the summer and autumn period (June, 10 – October, 1). The bog is situated in the eastern part of the Great Vasugan Bog (56° 51' N, 82° 51' E). The mean annual temperature is –0.6 ... –1.6 °C, with extremes from –18 to +20.5 °C in January (the coldest month) and July (the warmest month), respectively. The mean annual precipitation is 400 – 500 mm. The frost-free period is usually 90 – 105 days, and snow cover stays for about 170 days. The altitude vary from 140 to 166 m above sea level (Western Siberia, 1963; Agroclimate resources..., 1975).

Samples of peat were placed in typical ombrotrophic mire ecosystems – in a transitional part of open treeless poor fen (gal'ya), in pine – dwarf shrub – *Sphagnum* raised bog (ryam) and in a ridge of a ridge-hollow complex. Elements of microrelief of the transitional part of gal'ya were large waterlogged hollows with sedge – *Sphagnum* plant community and hummocks with dwarf shrub – cotton-grass – *Sphagnum* plant community. Microrelief of the ryam and ridges included hummocks 30 – 50 cm high and interhummocks. The depth of water table was 10 – 15 cm in hollows of gal'ya and 15 – 25 cm in interhummocks of the ryam and the ridge under the moss cover.

To place peat samples in the ryam and the ridge some quantity of peat was taken away from 60 cm depth in the ryam. The peat consisted of *Sphagnum fuscum* species, included 1% living roots of vascular plants, its degree of decomposition was about 5%. To place peat samples in the

gal'ya a peat was taken away from 40 cm depth in gal'ya's hollows. The peat consisted of *Sphagnum fallax* species, included 5% living roots of vascular plants, its degree of decomposition was 10 – 15%. Both sorts of peat were dried, 2 g peat portions were put into nylon bags. The bags were placed in gal'ya's hollows on 10 and 30 cm depth, in ryam's and ridge's hummocks – on 10 cm depth, in interhummocks of the ryam and the ridge – on 30 cm depth, i.e. the samples were placed above and below water table level. The experiment was started in June; 5 – 8 samples were taken from each plot and depth several times a summer and in the beginning of October. The samples were dried and weighed.

Measurements of water table depth were carried out several times a summer. The water table level in gal'ya was 10 cm higher in comparison with ryam's interhummocks, and peat decomposition in gal'ya was under condition of high watering (Fig. 1).

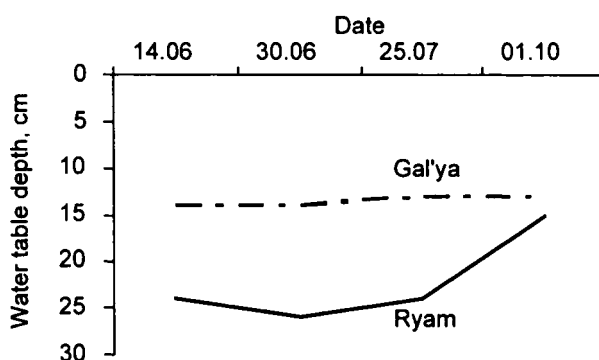


Fig. 1. Water table depth in the transitional part of gal'ya and interhummocks of ryam during experimental period.

Measurements of temperature were carried out one time per three hours during the experimental period using temperature cells. The average temperatures during the experimental period were 12.5 °C and 11.7 °C on 10-cm and 30-cm depth, respectively, in transitional part of gal'ya, and 12.2 °C and 8.4 °C on 10-cm and 30-cm depth, respectively, in ryam. The daily range of temperature is depended on the depth (Fig. 2).

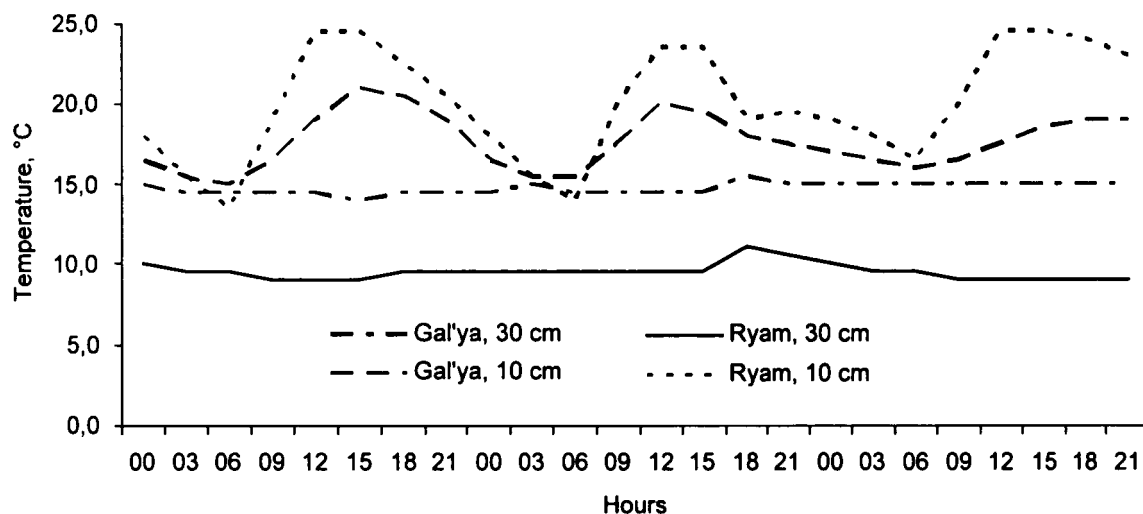


Fig. 2. Range of temperature value (°C) during three days (July, 1 – 3) on 10 and 30-cm depth in the transitional part of gal'ya and the interhummock of ryam.

On the 10-cm depth daily amplitude of temperature was 5 – 10°, the higher values were observed in ryam. On the 30-cm depth there was no daily amplitude of temperature but peat decomposition in gal'ya was under the more warm conditions in comparison with ryam.

The peat weight losses during decomposition was connected with water table depth and temperature considerably (see table). Hummocks in the ryam and ridges were warming up and aerated at summer period, peat decomposition proceeded intensively, and the weight of peat in the end of September was 1/4 – 1/3 of the initial weight on 10 cm depth. On the 30 cm depth under anaerobic conditions and low temperature the weight loss was at most 5 – 6%. In gal'ya the peat weight loss during decomposition differed less on both depths. High watering and deterioration of oxygen supply caused low values of peat losses

in comparison with hummocks of ryam and ridges.

Peat weight decrease took place during all the vegetative period and relative rate of decomposition was (g a day per 100 g of peat):

In ryam during earliest 2 – 3 weeks on 10 cm depth – 0.75, on 30 cm depth – 0.31; during posterior period on 10 cm depth – 0.25, on 30 cm depth – about 0;

In gal'ya during earliest 2 – 3 weeks on 10 cm depth – 0.19, on 30 cm depth – 0.25; during posterior period on 10 cm depth – 0.11, on 30 cm depth – 0.04.

Thus, during earliest 2 – 3 weeks the relative rate of decomposition was the most high in all ecosystems and on the different depth. Afterwards the rate of the process became slower right up to its stopping on the 30 cm depth in the ryam. Deceleration of the process was observed in July.

Peat weight losses (% of initial dry weight) caused by decomposition on Bakchar bog during vegetative period 2006

Ecosystem	Peat weight losses at the depth, cm	
	10	30
Gal'ya (transitional part)	13 ± 1.5	9 ± 1.0
Ryam	34 ± 4.0	5 ± 1.5
Ridges	25 ± 4.5	6 ± 1.8

REFERENCES

1. Titlyanova A.A., Tesarzova M. Regimes of biological turnover. – Novosibirsk, 1991. – P. 5 – 6. [in Russian].
2. Western Siberia / Ed. by G.D. Rikhter. – Moscow, 1963. – 488 p. [in Russian].
3. Agroclimate resources of the Tomsk region. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. – 147 p. [in Russian].

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКЦИИ И ЗАПАСОВ ФИТОМАССЫ МХОВ ПО ШИРОТНОМУ ГРАДИЕНТУ

Н.П. Косых

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: kosykh@issa.nsc.ru

Отношение продукции к запасам зеленой фитомассы сфагновых мхов максимально в южной тайге Западной Сибири. С продвижением на север и на юг от таежной зоны коэффициент эффективности прироста снижается и минимума достигает при недостатке влаги (лесостепь) или тепла (лесотундра).

Сфагновые мхи являются доминантами олиготрофных и мезотрофных торфяных болот Западной Сибири. Наибольшего распространения они достигают в таежной зоне. В лесотундре и тундре на повышенных элементах рельефа, на мерзлотных буграх, где их доля не превышает 5 – 10% площади, они уступают свое господство лишайникам. Но они сохраняют доминирующее положение на пониженных элементах рельефа – в мочажинах. На юге, в лесостепной зоне, они доминируют в рямах, которые являются неотъемлемой частью ландшафта лесостепи. Зеленая фитомасса мхов и их продукция являются основными составляющими биологического круговорота на болотах: их доля может достигать 60% от общих запасов фитомассы и продукции экосистемы. Целью данной работы являлось определение взаимосвязи зеленой фитомассы и продукции сфагновых мхов в разных зонах Западной Сибири. Легко определяется зеленая фитомасса мхов, в которую включена фракция зеленых апикальных верхушек и фракция наиболее сильно окрашенных стеблей (2 – 7 см) с веточками и листьями, выделенная по интенсивности цвета в верхней части растения. Трудности представляет определение продукции сфагновых мхов, которая рассчитается по запасу фитомассы стебля (г), прирастающего за определенный промежуток времени (год) на единице площади (дм²). Продукция сфагновых мхов определяется методом «индивидуальных меток».

Анализ базы данных, которая включает 647 определений запасов зеленой фитомассы и продукции сфагновых мхов на болотах Западной Сибири разных зон, созданной в течение последних 10 лет (1996 – 2006 гг.), показал высокий уровень взаимозависимости, с коэффициентом корреляции равным 0,8. На основании уравнений регрессии были выделены три группы по величине эффективности прироста сфагновых мхов (АНРмхов), которые приурочены к разным зонам. К первой группе с наибольшим коэффициентом (0,67) относятся сфагновые мхи, растущие в условиях с достаточным количеством тепла и влаги в подзоне южной тайги (табл. 1). В южной тайге мхи развиваются в разных экологических условиях наиболее распространенных экосистем: мезотрофные топи и мочажины, олиготрофные мочажины в комплексе с грядями, рямы и другие экосистемы. Сфагновые мхи, такие как *Sphagnum fuscum*, развиваются на кочках гряд и рямов, *S. angustifolium*, *S. magellanicum* – у подножья кочек. В олиготрофных мочажинах с недостаточным минеральным питанием наибольшего распространения достигают *S. balticum*, в мезотрофных топях с дополнительным питанием – *S. majus*, *S. jensenii*, *S. papillosum*. В условиях южной тайги продукция этих мхов достигается небольшими запасами зеленой фитомассы, и доля зеленой фитомассы мочажинных мхов составляет 30 – 50% линейного годового прироста. Наиболее резко различаются мочажинные

Соотношение запасов зеленой фитомассы (x) и продукции (Y) для сфагновых мхов разных зон: коэффициент уравнения регрессии, величина детерминации

Геоботанические зоны и подзоны	Коэффициент уравнения регрессии	Коэффициент детерминации (R ²)	n
Лесотундра	0,49 ± 0,01	0,72	40
Северная тайга	0,59 ± 0,01	0,59	316
Средняя тайга	0,55 ± 0,01	0,51	179
Южная тайга	0,67 ± 0,01	0,80	105
Лесостепь	0,38 ± 0,03	0,40	7
По всем зонам и подзонам	0,57 ± 0,01	0,59	647

мхи: в мезотрофных мочажинах зеленая фитомасса мха фотосинтезирует меньше года, а в олиготрофных мочажинах – более полутора лет. В целом, чем больше годовой прирост сфагновых мхов, тем меньше доля его фотосинтезирующей части. Поэтому, определяя продукцию мхов только по зеленой части, мы можем недооценить или переоценить общую продукцию.

Ко второй группе относятся мхи, которые имеют максимальное развитие в средней и северной тайге в олиготрофных грядово-мочажинных болотных массивах и в мезотрофных болотах. В северной тайге на плоскобугристых болотах, несмотря на наличие мерзлоты, сфагновые мхи на мерзлых буграх плоскобуг-

ристых болот занимают до 50% площади. В целом, с продвижением на север эффективность прироста снижается, и в средней тайге она равна 0,55; в северной – 0,59 (рис. 1). В средней тайге *S. fallax*, *S. majus*, *S. riparium*, находясь в сообществе с осоками, занимают наиболее мезотрофные окраины болота или места более богатые по минеральному питанию. К этой же группе относятся мхи, которые могут развиваться как в мочажинах с избытком влаги (*S. compactum*, и др.), так и на грядах с ее недостатком (*S. nemoreum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum* и др.). Эти мхи растут в сообществах с другими мхами и редко выступают доминантами.

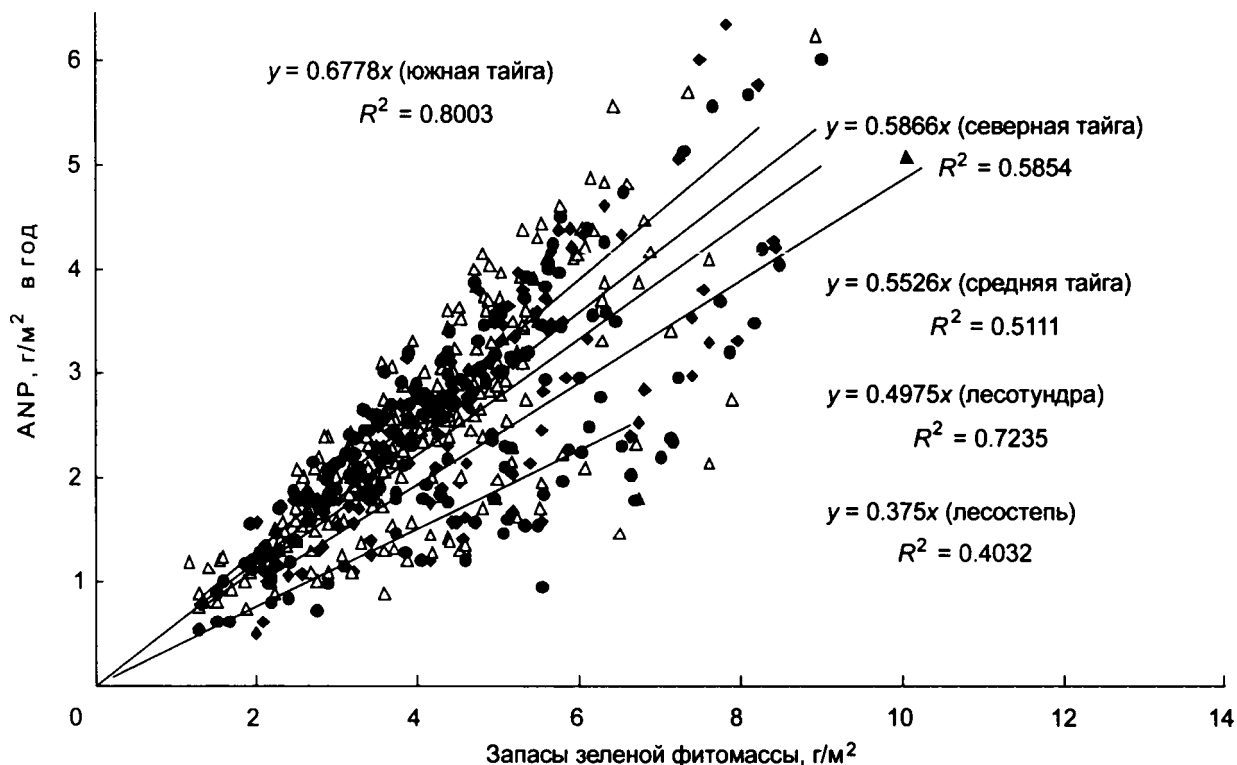


Рис. 1. Зависимость продукции сфагновых мхов от запасов их зеленой фитомассы

В лесотундре из-за недостатка тепла прирост замедляется и коэффициент снижается до 0,49. В зоне лесотундры моховые дернины со *S. fuscum*, *S. russowii* встречаются по краю мерзлых бугров плоскобугристых болот. Распространение сфагнового мха на буграх снижается до минимума. Олиготрофные мочажины рядом с буграми протаивают и здесь условия для развития мхов в лесотундре наиболее благоприятны. Мочажинные мхи (*S. lindbergii*, *S. balticum*, *S. fallax*, *S. riparium*, *S. majus* и др.) являются доминантами на самых низких элементах микрорельефа. Эти мхи принадлежат к мочажинной гипергидрофильной группе и плохо переносят пересыхание. Их годовой прирост

зависит от запасов зеленой фитомассы. Зеленая фитомасса сфагновых мхов олиготрофных мочажин в условиях лесотундры сохраняется несколько лет. Поэтому в лесотундре наблюдаются максимальные запасы зеленой фитомассы мхов. Вероятно, доминант (*S. balticum*, *S. lindbergii*) адаптирован к условиям бедного питания и сохраняет несколько лет питательные элементы в своих зеленых частях. К этой же группе минимального прироста мхов относятся мхи, которые растут в лесостепи. Сфагновые мхи в лесостепи находятся на южной границе своего распространения, и в условиях недостатка влаги эффективность их прироста снижается до минимума (0,38). К этой группе

относятся сфагновые мхи, которые образуют кочки в рямах лесостепи, такие как *Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *S. capillifolium*. Они выдерживают значительное и длительное высыхание в течение вегетационного периода. Мочажинные мхи здесь практически не встречаются.

Отношение продукции к зеленой фитомассе мхов изменяется от 0,7 до 0,3 и по убыванию

этого показателя изученные экосистемы образуют ряд: мезотрофные мочажины южной тайги – гряды – бугры – рямы лесостепи – олиготрофные мочажины лесотундры. Полученные соотношения предлагается использовать для быстрой оценки продукции сфагновых мхов в болотных экосистемах по запасам их зеленой фитомассы, определенным в конце вегетационного сезона.

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ БОЛОТНЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОСНОВЕ

С.Я. Кудряшова, Л.Ю. Дитц

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: sya@issa.nsc.ru

Представлена оценка запасов углерода в почвах болотных систем Западной Сибири, проведенной с использованием геоинформационной системы (ГИС) и с учетом типологии ландшафта и площадного соотношения структур почвенного покрова.

Количественное описание современного географического и временного распределения запасов почвенного органического углерода в рамках глобального углеродного цикла имеет особую актуальность, так как почвы, согласно данным МГЭИК, в том числе и в масштабах планеты, являются основным резервуаром органического углерода, который содержит около 80% от его общих запасов в наземных экосистемах. В средней тайге Западной Сибири, в соответствии с оценками, проведенными на основе созданной под руководством А.А. Титляновой базы данных «Органический углерод» и по данным картографической оценки запасов органического углерода территории Ханты-Мансийского АО, пул углерода, ассоциированный с почвенным органическим веществом, составляет 70,4% (Титлянова и др., 1998; Атлас ХМАО, 2004). Высоким и сверхвысоким уровнем запасов углерода характеризуются болотные экосистемы, торфяные и торфяно-болотные, почвы которых содержат 39% почвенного углерода региона. Почвы гидроморфного ряда – торфяно-подзолы и аллювиально-болотные – составляют группу почв со средним уровнем запасов. Зональные автоморфные глеево-подзолистые и подзолистые почвы, занимающие 8 и 12% территории, входят в группу с очень низким и низким уровнем запасов углерода – 0,3 и 8%.

Приведенные, оценки запасов углерода получены с использованием анализа имеющихся тематических карт, на которых по причине мелкого масштаба или недостатка информации слабо отражена пространственная динамика болотных экосистем. Расчеты площадей почвенных ареалов довольно часто осложняются из-за субъективного подхода при выделении контурных границ или практических трудностей учета почвенных разностей, имеющих самостоятельное экологическое значение, но занимающих небольшие площади. В нашей работе оценка запасов углерода в почвенном покрове

ключевых участков, Северо-Сосьвинской возвышенности, Кондинской и Среднеобской низменных равнин проведена с учетом типологии ландшафта и площадного соотношения структур почвенного покрова (рис. 1).

В качестве источников информации в работе использовались среднемасштабные почвенные карты ключевых участков, составленные по материалам дешифрирования космических снимков Landsat высокого разрешения. Основным методом интерпретации космических снимков служило классифицирование спектрального изображения в программной среде Erdas Imagine с последующей векторизацией в ArcGis.

В результате анализа полученных нами данных установлено, что запасы углерода формируются в тесной зависимости от типологии и площадного соотношения почвенных ареалов. На ключевом участке Северо-Сосьвинской возвышенности площадь торфяных и торфяно-болотных почв, которые вносят основной вклад в бюджет углерода (52%), составляет 24%. Близкие по размеру площади занимают глееподзолистые и торфяно- и торфянисто-подзолистые почвы (23 и 25%), однако их вклад в общий запас значительно меньше – 18 и 8%. Низкопродуктивные подзолы аллювиально-железистые занимают около 10% площади, но их вклад минимален – 0,7%. Общий запас составляет 163347,0 т углерода на выдел. Площадное соотношение на участке Кондинской низменности более дифференцированное – ареалы торфяных и торфяно-болотных почв занимают 38% площади, подзолы иллювиально-железистые – 27% и от 4 до 10% площади занято другими почвенными типами. Общий запас углерода на данном ключевом участке составляет 26395,1 т на выдел, из которых 72% формируются за счет торфяно-болотных почв, доля вклада остальных почвенных типов крайне незначительна. В почвенном покрове ключевого участка Приобской низменности наиболее широко представлены почвы

верховых торфяников – 53% от общей площади. В общий бюджет углерода их вклад составляет более 82%. Торфяные и торфянистые почвы низинных болот формируют 11% от об-

щего запаса, вклад остальных почвенных типов не превышает 3%. Всего на Среднеобском участке формируется 183751,2 т углерода на выдел.

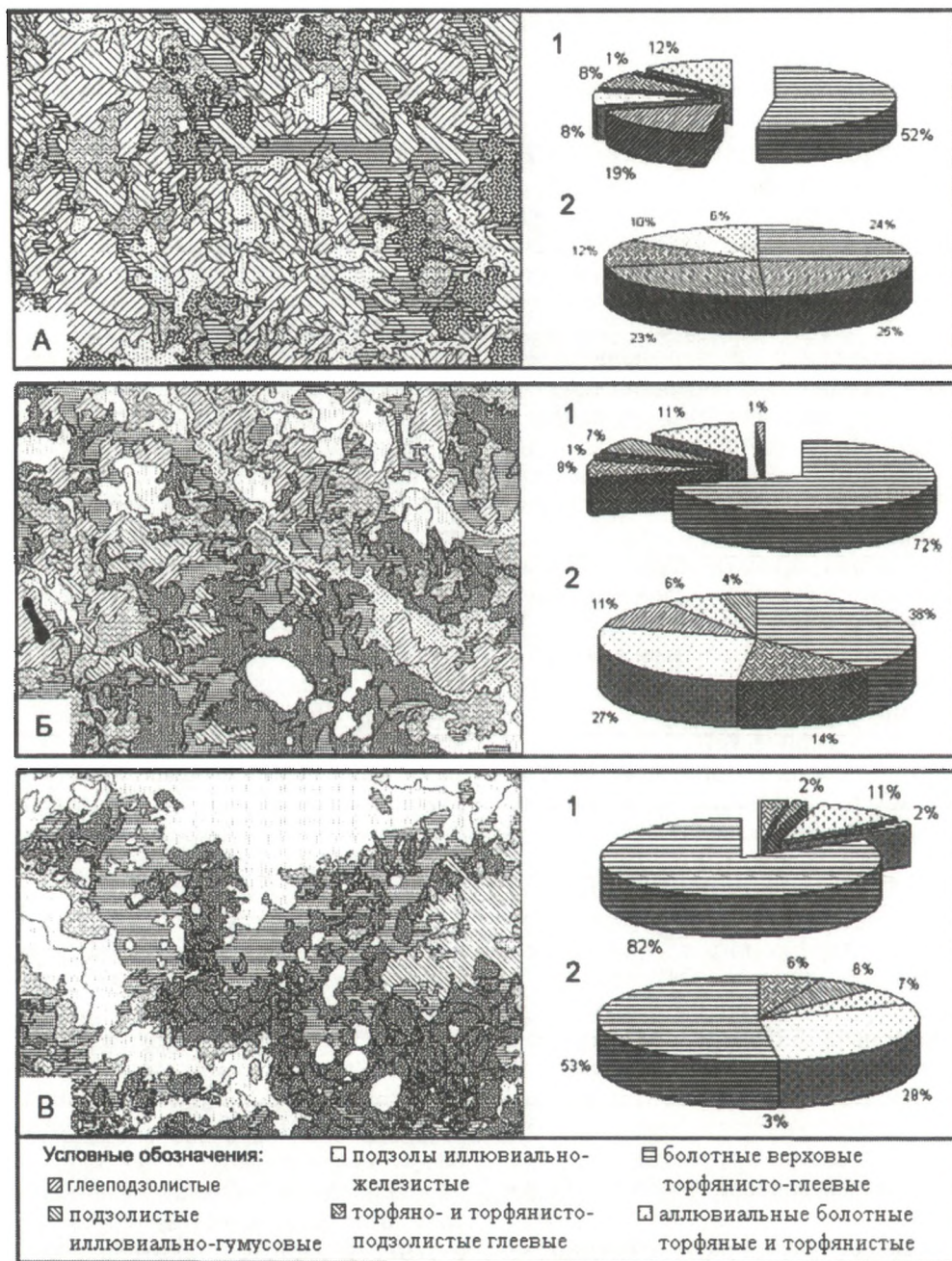


Рис. 1. Запасы органического углерода (1) в почвенных выделах (2) ключевых участков Северо-Сосьвинской возвышенности (А), Кондинской (Б) и Среднеобской (В)

ЛИТЕРАТУРА

1. Titlynova A.A., Bulavco G.I., Kudryashova S.Ya, et al. The Reserves and Losses of Organic Carbon in the Soils of Siberia // Eurasian Soil Sci. – 1998. – V. 31. – № 1. – P. 45 – 53.
2. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Т. 2. Природа, экология. – Ханты-Мансийск; Москва, 2004.

ЗАПАСЫ И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ДРЕВОСТОЕВ НА ОСТАВЛЕННЫХ КАРЬЕРАХ ГРУНТА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И.Д. Махатков, А.В. Гуцу, О.В. Мозалевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: makhatkov@mail.ru

В статье рассмотрено состояние растительности на оставленных карьерах грунта в районах нефтедобычи. Приведены данные по запасам, структуре и годичной продукции древостоев.

Деятельность предприятий нефтегазового комплекса Западной Сибири связана с большим объемом строительства насыпных сооружений, что приводит к образованию многочисленных карьеров грунта. Эти, достаточно типичные техногенные образования, в известной степени изменяют растительный покров территорий и общий баланс углерода на них.

Зональным типом здесь являются подзолистые почвы, сформированные в условиях достаточной дренированности и промывного водного режима. Подзолы отличаются низким природным плодородием, кислой реакцией, малым содержанием гумуса, бесструктурностью (Смоленцев, 2002).

Растительность исследуемой территории относится к подзоне северной тайги (Крылов, 1961; Растительный покров..., 1985). Развитие лесной растительности здесь подчинено помимо зональных и провинциальных условий особенностям поверхностных отложений. В большинстве случаев это – либо песчаные, либо суглинистые отложения. На песчаных подзолах распространены сосновые лишайниковые и зеленомошно-лишайниковые леса. На суглинистых водоразделах в автоморфных условиях формируются зональные зеленомошные и лишайниково-зеленомошные полидоминантные леса.

В целях изучения продукционного процесса на зарастающих карьерах были выбраны два карьера, эксплуатация которых в основном была закончена около 20 лет назад.

Первый, песчаный карьер расположен в непосредственной близости от г. Ноябрьска. На карьере сформировался сосновый молодняк. Наиболее плотный древостой сосны на бортах, более редкий – на выположенном днище карьера, а зоны проезда и глубокие выемки практически лишены растительности. Из древесных пород единично встречается береза. Напочвенный покров сильно разрежен, общее проективное покрытие не достигает 5%, представлен в основном вейником наземным, брусничкой,

иван-чаем. На большей части территории наблюдается перевевание песка. Корневая шейка некоторых молодых сосен засыпана на 10 – 15 см. Второй, суглинистый карьер расположен в 18 км западнее г. Ноябрьска, вблизи дороги Ноябрьск – Сургут. На карьере к настоящему времени сформировался березовый молодняк. Наиболее плотно заросли выположенные приподнятые участки днища карьера и пологие склоны. Общее проективное покрытие напочвенного покрова в разных местах карьера варьирует от 5 до 60%. Он представлен в основном ягодными кустарничками, вейником наземным и зелеными мхами – плеурозиумом Шребера и видами политрихумов.

В целом работы по оценке запасов фитомассы и первичной продукции древесного яруса проведены по общепринятым методикам (Молчанов, Смирнов, 1967; Уткин, 1975; Поздняков, 1968; Поздняков, 1958; Программа ..., 1965; Программа ..., 1966; Ремезов, 1959; Орлов, 1967) с некоторыми изменениями. На обоих карьерах были заложены пробные площади прямоугольной формы (на песчаном – 20×50 м, на суглинистом – 10×20 м). Подрост на песчаном карьере учитывался на всей пробной площади (ПП), а на суглинистом – на учетных площадках в двух трансектах внутри ПП.

Всего было отобрано 71 модель березы и 68 моделей сосны. Продукция надземной части деревьев определялась как сумма веса листьев или хвои последней генерации, однолетних побегов и радиального прироста ствола и ветвей. Запасы подземной фитомассы изучались методом монолитов, по 10 на каждом карьере, и раскопкой комлевой части модельных деревьев.

Популяция сосны на песчаном карьере представлена в основном молодыми экземплярами высотой до 1 м в возрасте от 6 до 15 лет. Локальный максимум численности наблюдался для подроста высотой до 130 см. Усохших сосен немного, и это небольшие сосны, до 50 см. Кроме сосен отмечено небольшое количество

березы и ивы. В целом, сомкнутость древостоя невысокая, и отпад сосен связан скорее всего не с внутривидовой конкуренцией, а с перевыванием песка, при котором молодые экземпляры оказываются погребенными. Судя по большому количеству сосен ниже 1 м и присутствию семян, на территории карьера продолжается поселение сосен и увеличение численности популяции сосны.

Тесную зависимость от высоты и диаметра показывают суммарный запас ствола, ветвей, хвои и годовая продукция ствола за последние 5 лет. Фракции фитомассы подроста, т.е. сосен ниже 1,3 м, показали тесную зависимость от высоты стволика, причем самую тесную зависимость показали приросты за последние 3 года.

В структуре фитомассы популяции сосны и ее годичного прироста обращает на себя внимание большая доля запасов и годичной продукции хвои деревьев с небольшим диаметром. Доля ветвей и хвои у подроста значительно больше, чем у крупных деревьев. С возрастом доля стволовой древесины, т.е. ее масса, увеличивается, а доля годичной продукции снижается. Общий запас фитомассы сосны на ПП составил 942,31 г/м², из которых 505,49 г/м² составляет фитомасса стволов, 276,18 г/м² – ветвей, и 160,63 г/м² – хвои. Вес раскопанных комлей показал достаточно тесную зависимость от высоты сосен, прямолинейная зависимость веса комлей от высоты с константой также показала достаточно высокую надежность. Расчетный вес комлей составил 292,2 г/м², а всех корневых систем сосны – 461 г/м². Общий запас фитомассы корней сосны по методу монолитов составил 168,7 ± 35,5 г/м², колеблясь по разрезам в чрезвычайно широких пределах – от 54,34 до 360,5 г/м². В верхнем слое, до глубины 10 см, колебания запасов тонких корней (меньше 1 мм и от 1 до 2 мм) незначительны, коэффициент вариации здесь не превышает 27%.

В популяции березы на суглинистом карьере преобладают березы с диаметром 1 см. В этом же диаметре отмечено наибольшее количество усохших экземпляров, что свидетельствует о начавшемся процессе изреживания древостоя. Локальный максимум численности наблюдается и в классе диаметра 4 см. Это может быть связано с куртинным размещением древостоя, когда часть деревьев на краю куртины оказывается в сравнительно лучших условиях роста. Популяция, таким образом, представлена двумя совокупностями – преуспевающими и отстающими в росте экземплярами. Среди преуспевающих экземпляров выделяются находящиеся внутри насаждения с более или менее очищенным от ветвей стволом и краевые – с низкой кроной. Общая численность деревьев

березы составила 13600 шт/га. В составе древостоя и подроста отмечены ивы, осина, сосна и ель. Учитывая особенности пространственной структуры насаждения карьера, модельные деревья березы отбирались из различных частей куртин.

Расчет коэффициентов корреляции показал тесную связь фракций фитомассы от значений диаметра и высоты деревьев.

Величины годичной стволовой древесины за последние 5 лет и массы коры тесно коррелируют с диаметром ствола.

Основной запас и прирост древесины насаждения ПП обеспечивается за счет деревьев с диаметрами 4 – 5 см, хотя они составляют только 30% от общего числа стволов. На эти же деревья приходится и наибольшая масса листьев. В целом, общий запас надземной фитомассы популяции березы составил 2878,1 г/м², а годовая продукция стволовой древесины вместе с листьями – 584,7 г/м². За последние 5 лет продукция стволовой древесины в насаждении возрастала почти линейно с 172,6 до 333,7 г/м². Судя по структуре насаждения и надземной фитомассы, увеличение годичной продукции, по мере усиления изреживания древостоя, в ближайшие несколько лет станет менее выраженным, а процесс потери фитомассы станет приходить в равновесие с ее продукцией.

Запас корней берез колебался в разных разрезах от 192 до 1330 г/м². При пересчете запасов фитомассы корней по горизонтам и с дополнением массы корней средние запасы корней березы составили 838,3 г/м², мертвой органики – 4092 г/м². Из за большого количества погребенных органических остатков и рыхлости грунта размещение корней берез не имеет четкой привязки к глубине. Большая часть корней расположена не только в поверхностном слое, но и на глубине 80 см. В нескольких разрезах корни березы были обнаружены глубже 100 см. Примечательно, что тонкие, поглощающие корни распределены в профиле почти равномерно. Вес комлей березы показал хорошую зависимость от диаметра ствола, коэффициент корреляции составил 0,99. Полиномиальная функция второго порядка хорошо описывает зависимость веса комля от диаметра $y = 42,651x^2 + 114,62x$, где y – вес комля, а x – диаметр на 1,3 в см ($R^2 = 0,99$). Рассчитанный вес комлей составил 1004,51 г/м², а всех корневых систем – 1842,8 г/м².

Проведенные работы показали, что изменения древостоя чрезвычайно динамичны. Численность популяции березы на суглинистом карьере к настоящему времени, т.е. при возрасте основного поколения 18 – 20 лет, стабилизировалась и начался процесс отпада от-

Section 3. Primary Production and Carbon Accumulation

стающих в росте растений Популяция сосны на песчаном карьере в этом же возрасте, напротив, продолжает увеличивать численность за счет освоения прогалин. Здесь причиной отпада сосен остается перевевание песка.

Годичная продукция древостоев, находящихся на стадии молодняка, продолжает нарастать. В ближайшие 5 лет популяция березы начнет снижать первичную годовую продукцию из-за усиления изреживания древостоя. Популяция сосны еще не освоила всю доступную территорию, поэтому и годичная продукция здесь будет возрастать еще некоторое время.

Почвенно-грунтовые условия обоих карьеров, особенно суглинистого, отличаются повышенным содержанием погребенной органики, в основном – строительного мусора. Это способ-

ствует формированию глубоких корневых систем, осваивающих почвенный слой до 1 м и глубже. Повышенное содержание питательных веществ в грунте карьеров за счет погребенных во время разработки древесных остатков, значительно снижает уровень конкуренции между растениями на начальных этапах восстановления растительности и способствует увеличению численности популяции деревьев.

На оставленных карьерах в районе работ быстро формируются древесные ценозы, в общих чертах сходные с естественными пионерными сообществами и характеризующиеся интенсивными процессами ассимиляции и фиксации углерода. Восстановительная динамика растительности на оставленных карьерах ведет к формированию лесных сообществ, сходных с коренными.

ЗАПАСЫ ФИТОМАССЫ И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

И.Д. Махатков, Н.П. Косых, С.А. Романцев

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: makhatkov@mail.ru, kosykh@issa.nsc.ru

Даны количественные оценки запасам фитомассы, мормассы и продукции с учетом древесного яруса в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири.

Болота Западно-Сибирской низменности, в том числе в пределах подзоны средней тайги, занимают значительные площади и играют существенную роль в формировании углеродного баланса, при этом изучению продукционного процесса болотных экосистем уделяется гораздо меньшее внимание, чем изучению лесных зональных сообществ.

В качестве объекта изучения вблизи г. Нижневартовска был выбран достаточно типичный болотный массив, включающий грядово-мочажинный комплекс и его окаймление сосновым сфагновым рямом. Растительные сообщества соснового сфагнового рья и гряд грядово-мочажинного комплекса сходны. Древесный ярус сложен исключительно редкостойной низкорослой сосной, в травяно-кустарничковом ярусе преобладает морощка. Значительное участие в сложении яруса принимают береза карликовая, багульник болотный, хамедафна, андромеда, в мохово-лишайниковом ярусе господствует сфагнум бурый.

Большая часть мочажин грядово-мочажинного комплекса олиготрофные. В травяном ярусе преобладают осока топяная, шейхцерия и пушица рыжевчатая, в моховом – сфагнум балтийский. В центральной части грядово-мочажинного комплекса выделяются зоны с интенсивным болотным стоком, где распространены олиго-мезотрофные сообщества травяно-осоково-сфагновых болот. Здесь в травяном ярусе преобладают виды, более требовательные к минеральному питанию – вахта, осока носатая. Наиболее трофный вариант травяно-осоковых болот был выбран на обширном болотном массиве в 120 км на северо-запад от г. Нижневартовска. Здесь в травяном ярусе доминируют березка карликовая, хвощ топяной, сабельник, в моховом ярусе – *Sphagnum angustifolium*.

Для оценки общего запаса фитомассы древостоя, ее структуры и годичной продукции в сосновом кустарничково-сфагновом рьяе и грядах грядово-мочажинного болота было заложено по 16 площадок 5×5 м, на которых проводился сплошной пересчет древостоя. Вблизи площадок было отобрано по 25 модельных де-

ревьев, репрезентативно представляющих древостой. На регулярных площадках в пределах каждого ключевого участка отбирались образцы травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового яруса, которые разбирались по видам и навескам многолетних и однолетних частей растений. Кроме того, отбирались образцы торфа до глубины 30 см. Из них отбирались корни и делились по видовой принадлежности и размерам. Все навески мохового, травяно-кустарничкового и древесного ярусов высушивались до воздушно-сухого состояния и взвешивались. Отдельно отбирались навески ветоши, подстилки и мортмассы.

Общая численность стволов сосны на рьяе (1750 шт./га) оказалась значительно меньше численности стволов на гряде (3600 шт./га). На гряде почти все сосны (3375 шт./га) диаметром менее 4 см, а максимальный зафиксированный диаметр сосен – 7 см. На рьяе сосны диаметром менее 4 см составляют только около половины общей численности (975 шт./га), максимальный диаметр – 9 см. Сухостой на рьяе представлен в основном тонкими соснами, диаметром менее 2 см, численность которых превышает численность живых сосен. На гряде максимум сухостоя приходится на сосны диаметром 3 – 4 см.

Такая структура древостоя на рьяе и гряде может быть связана с особенностями возрастной динамики. Преобладание относительно крупного сухостоя и молодых сосен на гряде свидетельствует о начале смены поколений сосны в древостое. Структура древостоя на рьяе соответствует более поздним стадиям восстановления древостоя. Очевидно, что в болотных сообществах, древостой подвержен периодическим изменениям, которые связаны с восстановительной динамикой, но, в отличие от суходольных сосновых лесов, здесь возрастные сукцессионные изменения выражены в меньшей степени. Возникновение периодических волн возобновления в сосновых лесах обычно связано с низовыми пожарами, уничтожающими мохово-лишайниковый ярус и деревья верхнего яруса. В болотных сообществах низовые пожары возникают крайне редко. Здесь циклы во-

Section 3. Primary Production and Carbon Accumulation

зобновления могут быть связаны с изменением гидрологического режима.

Структура надземной фитомассы сосен в обоих сообществах закономерно меняется в зависимости от размеров. У сосен диаметром меньше 1 см около половины надземной фитомассы приходится на хвою, которая у крупных сосен составляет около 20% общего веса. Общий вес побегов с увеличением размеров возрастает. При этом, если доля веса стволиков поступательно возрастает, то доля ветвей падает с 35 до 18% от общей фитомассы. Найденная линейная зависимость веса корней, включая комлевую часть, от диаметра ствола оказалась достаточно надежной ($R^2 = 0,9442$), что позволило рассчитать общий вес корней сосны.

Общий запас фитомассы древостоя составил на ряме – 316,3 и 241,1 г/м² – на грядах, в том числе надземной – 201,5 и 162,4 соответственно. Запасы сухостоя в обоих сообществах оказались достаточно большими: на ряме – 112,1 и 60,8 г/м² – на грядах, так же как и расчетный вес сухих корней – 58,5 и 76,0 соответственно, но в дальнейшем они не принимались в расчет, так как дублировались при отборе монолитов.

В структуре годичной продукции основную часть, 75 – 80%, составляет хвоя, величины продукции ветвей и ствола, включая радиальный прирост, сходны и колеблются от 14 до 10% от суммарной продукции надземной части деревьев. Общая годичная продукция древостоя в год проведения работ составила 12,1 на ряме, на грядах – 12,9 г/м². Эта величина подвержена значительным колебаниям в зависимости от условий вегетационного периода.

В течение последних 4 лет она достигала 20,9 г/м² в обоих сообществах. Годичная продукция, усредненная за 5 последних лет, составила 16,7 – на ряме, и 15,0 г/м² – на грядах.

Во всех исследованных сообществах наибольшие запасы надземной фитомассы, не меньше половины, приходятся на сфагновые мхи. Наибольшими запасами фитомассы мхов отличаются мочажины, особенно – олиготрофная (699,4 г/м²). Моховой ярус олиготрофной и мезотрофной мочажин более редкий и здесь запасы мхов несколько ниже – 527,9 и 462,0 г/м². Моховой ярус на ряме и грядах сложен почти исключительно сфагнумом бурым, у которого живая часть сравнительно небольшая. Здесь запасы мхов составляют 425,0 г/м² – на ряме и 387,4 г/м² – на гряде.

Запасы травяно-кустарничкового яруса изученных сообществ отличаются в большей степени (рис. 1). Наибольшие запасы надземной фитомассы трав и кустарничков – в сообществах ряма, гряд и мезотрофных мочажин (208,8, 203,3 и 268,4 г/м² соответственно). Надземная фитомасса трав и кустарничков в сообществах олиготрофных (61,1) и олиго-мезотрофных (173,1) мочажин значительно меньше. В подземной сфере виды трав и кустарничков дают основную часть запасов. Вместе с надземной частью они составляют на ряме 1377,2, на гряде 1255,9, в олиготрофной мочажине 1186,1, в олиго-мезотрофной мочажине 2092,4 и в мезотрофной мочажине 2287,3 г/м². Такие различия в запасах травяно-кустарничкового яруса связаны с условиями обитания – минеральным питанием и обводненностью корнеобитаемого слоя.

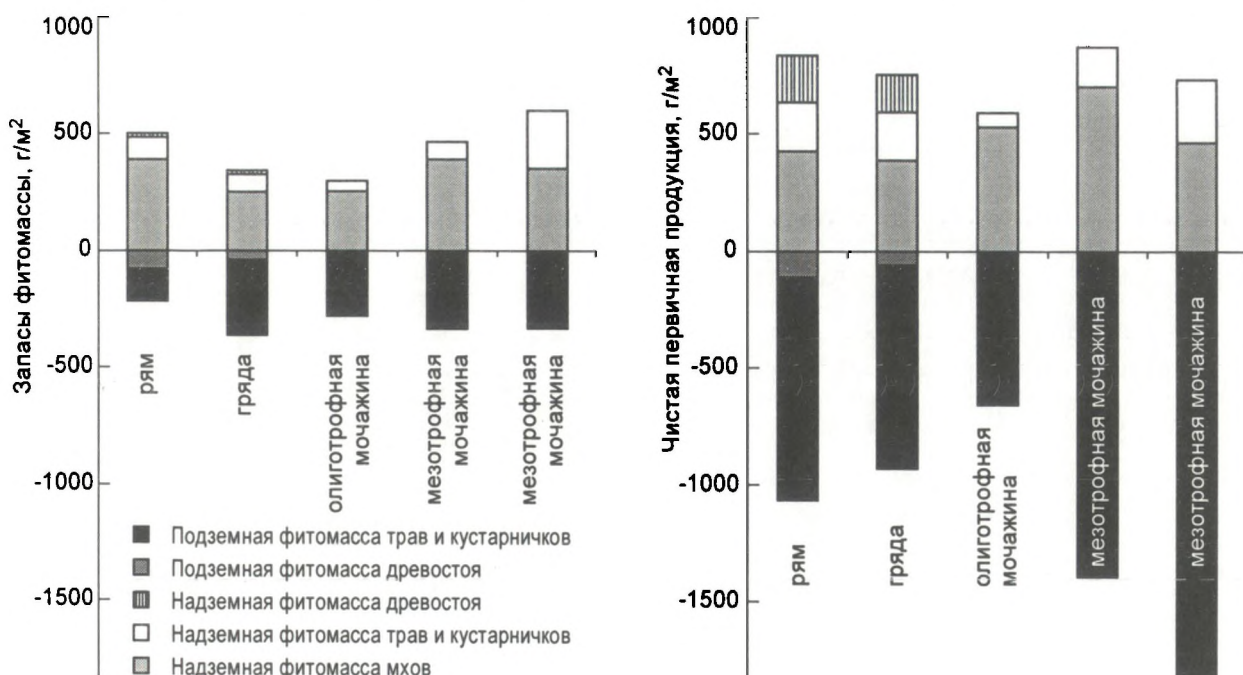


Рис. 1. Структура запасов фитомассы и продукции в различных болотных экосистемах

В целом, наибольшие запасы фитомассы оказались в сообществах с относительно высокой трофностью – в мезотрофных ($2555,7 \text{ г/м}^2$) и олиго-мезотрофных ($2265,5 \text{ г/м}^2$) мочажинах. В сообществах с недостаточным минеральным питанием запасы фитомассы оказались связанными с их обводненностью – на ряме 1900,1, на гряде 1682,0, на олиготрофной мочажине 1247,2 г/м^2 .

Доля годичной продукции от общих запасов фитомассы во всех сообществах не сильно отличается, составляя 35 – 46% и в целом подчиняется той же закономерности, что и распределение запасов фитомассы – на рямах годичная продукция составляет 718,6, на грядах – 704,8, в олиготрофных мочажинах 577,0, в олиго-мезотрофных 801,0, и мезотрофных мочажинах 928,0 г/м^2 (рис.1). При этом структура годичной продукции в изученных сообществах имеет существенные различия, связанные с жизненной формой растений. Доля годичной продукции мхов от их общих запасов составляет 48 – 76%, а сфагнума бурого на ряме – 92%. Доля годичного прироста трав, кустарничков и

деревьев от их общих запасов значительно меньше – 17 – 32%, а надземной части древесной – около 1%.

Запасы мортмассы в исследованных сообществах в несколько раз превышали массу живых растений. Наибольшие запасы свойственны олиготрофным сообществам – рямам ($8467,0 \text{ г/м}^2$), грядам ($10810,9 \text{ г/м}^2$) и олиготрофным мочажинам ($8833,0 \text{ г/м}^2$). Из-за сравнительно быстрого разложения мортмассы в более трофных условиях олиго-мезотрофной ($5246,9 \text{ г/м}^2$) и мезотрофной мочажин ($7895,2 \text{ г/м}^2$) несколько меньше.

В целом, проведенное исследование показало, что распределение запасов фитомассы и годичной продукции в болотных сообществах средней тайги зависит от условий минерального питания и обводненности корнеобитаемого слоя. При прочих равных условиях в мочажинах запасы фитомассы и годичная продукция растут с увеличением трофности, а в условиях недостатка минерального питания в сообществах сфагнового рья, гряд и олиготрофных мочажин – уменьшается с увеличением обводненности.

ДИНАМИКА КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Н.П. Миронычева-Токарева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: nina@jssa.nsc.ru

Растительное вещество кустарничкового яруса болотных экосистем подразделяется на надземный и подземный слои. В надземном слое выделяются основные фракции растительного вещества – живые: фотосинтезирующая масса текущего года и прошлых лет, части побегов разного возраста; мертвые: ветошь, куда входят отмершие листья, и сухостой (отмершие ветки). В подземном слое выделяются живые погребенные стволы и корни, а также их мертвые фракции. Исследования проводились на пробных площадях таежной зоны. Кустарнички располагаются в основном на повышенных элементах рельефа – рямах и грядах.

Рямы (сосняки, кустарничково-сфагновые) занимают наиболее дренированные участки болота. Верхний ярус образован маломощным сосняком высотой 0,5 – 3,0 м, диаметр стволов составляет 3,0 – 12,0 см, с сомкнутостью крон 0,3. Микроповышения покрыты кустарничками, которые образуют второй ярус. Доминантами являются *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Betula nana*, *Oxycoccus palustris* и *Oxycoccus microcarpus*, которые образуют небольшие куртины. На кустарнички приходится до 60% проективного покрытия, высота яруса 30 – 50 см. Всего 1% покрытия приходится на травы (*Rubus chamaemorus*). Моховой покров образует третий ярус. Кочки и микропонижения мохового яруса образованы *Sphagnum fuscum* (60% п.п.), у основания кочек встречаются – *S. angustifolium* (30%) и *S. magellanicum* (10%). По кочкам у основания сосен встречается *Cladina rangiferina*.

Гряды представляют собой кустарничково-пушицево-сфагновое сообщество и распространены в комплексах с шейхцериево-сфагновыми мочажинами. На грядах кустарнички дают 60% проективного покрытия, доминируют те же самые кустарнички, что и в ряме. Кочки из *Eriophorum vaginatum* достигают высоты 40 см и диаметром от 10 до 40 см. Моховой покров на кочках образован *Sphagnum fuscum* (70% п.п.), *S. angustifolium* (20%), *S. magellanicum* (10%).

Используя экспериментальные данные прироста и разложения растительного вещества, полученные на ключевых участках болот, была предпринята попытка определить баланс углерода в болотных экосистемах на примере эко-

систем рямов и гряд. Запас живого растительного вещества составляет в среднем от 750 до 900 гС/м², мортмассы – 3200 – 6000 гС/м² в слое 0 – 30 см от поверхности головок мхов. Чистая первичная продукция в 2004 г. составила 290 г/м².

Разложение растительного вещества на болотах наиболее интенсивно проходит в теплое время года, когда уровень болотной воды понижается и атмосферный кислород свободно проникает в верхние горизонты торфяной толщи. Фракция листьев кустарничков, которая составляет около 10% от общей продукции, почти полностью разрушается в течение двух-трех вегетационных сезонов. Скорость разложения листьев доминанта кочек, *Chamaedaphne calyculata*, составляет 15% потери массы в год, а скорость разложения корней *Chamaedaphne calyculata* – 30% в год, что является максимальным показателем для корней кустарничков.

Листья вересковых кустарничков на поверхности разлагаются с одинаковой скоростью в ряме и в мочажине ($k = 0,25 - 0,45$). В торфе те же листья разлагаются быстрее в 2 раза в ряме ($k = 0,53 - 0,80$) и в 2 – 3 раза в мочажине ($k = 0,80 - 0,92$). Корни кустарничков быстрее разлагаются в ряме, чем в мочажине в 1,3 раза (табл. 1).

Многолетние исследования по определению продукции и деструкции позволили посчитать баланс углерода за несколько лет в экосистемах гряд и рямов и оценить вклад кустарничкового яруса (табл. 2).

Таким образом, в экосистему ряма всего поступило 290 гС/м², из них на долю кустарничков приходится половина. Через год потери кустарничкового яруса составили 26% (38,3 гС/м²), в растительных остатках осталось 74% (106,8 гС/м²). Через два года потери массы составили 45% (65,7 гС/м²), в растительных остатках осталось 55% (79,4 гС/м²).

В экосистему гряды всего поступило 291 гС/м². Кустарничковый ярус вносит 158,8 гС/м². Через год потери массы кустарничков составили 21% (33,5 гС/м²), в растительных остатках осталось 79% (125,3 гС/м²). За два года потери углерода составили 34% (53,4 гС/м²), в растительные остатки перешло 66% (105,4 г/м²).

Таблица 1

Коэффициент разложения растительного вещества вересковых кустарничков за год $k = \ln(x_0/x_1)^*$

Виды	Части растений	Ря м		Мочажина	
		на поверхности	в торфе	на поверхности	в торфе
<i>Andromeda polifolia</i>	листья	0,25	0,53	0,25	0,80
<i>Ledum palustre</i>	листья	0,33	0,65	0,21	0,76
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	листья	0,45	0,80	0,45	0,92
	корни		0,60		0,46

*где k – коэффициент разложения, x_0 – исходный вес образцов, x_1 – вес образцов после опыта; $k = 0,70$ соответствует потере 50% массы органического вещества.

Таблица 2

Баланс углерода кустарничкового яруса в болотных экосистемах средней тайги в течение 2 лет

Фракция	NPP гС/м ² в год	Разложение		Растительные остатки	Разложение		Растительные остатки
		за один год			за два года		
		%	гС	гС	%	гС	гС
Ря м							
Листья кустарничков	26,1	15	3,9	22,2	46	12	14,1
Многолетние части кустарничков	7,2	13	0,9	6,3	17	1,2	6
Корни кустарничков	111,8	30	33,5	78,3	47	52,5	59,3
	145,1		38,3	106,8	45	65,7	79,4
Г ря да							
Листья кустарничков	39,6	13	5,1	34,5	48	19	20,6
Многолетние части кустарничков	13,9	15	2,1	11,8	20	2,8	11,1
Корни кустарничков	105,3	25	26,3	79	30	31,6	73,7
	158,8		33,5	125,3		53,4	105,4

Баланс растительного вещества в исследуемых экосистемах на грядах и в ряме положительный, так как закрепление углерода в

торфе превышает вынос его в виде углекислого газа при разложении.

КОМПОНЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА НА БОЛОТАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ И ЛЕСОТУНДРЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.П. Мироничева-Токарева, Н.П. Косых, Е.К. Паршина

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: nina@issa.nsc.ru

Торфяные болота имеют непосредственное отношение к поддержанию газового состава атмосферы, выполняя буферную роль в процессах глобального изменения климата, накапливая в виде торфа или выделяя органический углерод в виде углеродсодержащих газов.

Ожидаемое изменение климата затронет все компоненты биосферы и отразится на состоянии круговорота углерода. Получение качественно новой информации о компонентах и процессах углеродного цикла позволит делать прогностические оценки при воздействии на систему.

В разные годы нами прослежена динамика прироста и разложения отдельных фракций разных групп растений. Для экспериментов были выбраны олиготрофные выпуклые болотные массивы в подзоне средней тайги. Первый массив располагается в междуречье Оби и Ваха, в районе Нижневартовска; второй – в междуречье Оби и Иртыша, в районе Ханты-Мансийска, третий в районе поселка Пангоды в междуречье рек Надым и Ныда. Экспериментальные площадки были заложены в следующем ряду экосистем – рям, гряда, олиготрофная мочажина и мезотрофная транзитная топь. Рям и гряды представлены сосново-кустарничково-сфагновыми сообществами. Олиготрофные мочажины в грядово-мочажинных комплексах представлены осоко-сфагновыми и шейхцериево-сфагновыми сообществами. В мезотрофных топях доминируют крупные осоки, часто встречаются вахта, хвощ и другие растения, более требовательные к водно-минеральному питанию.

Мхи являются эдификаторами на всех элементах рельефа болотных экосистем. Приземный моховой слой на повышенных элементах рельефа в экосистемах гряд, рямов и в мезотрофной топи реагирует на засушливый период снижением запасов фитомассы в середине сезона. Фитомасса мхов олиготрофных мочажин увеличивается и, небольшое снижение уровня болотной воды в середине сезона, не оказывает существенного влияния на рост мхов, и в течение сезона они продолжают нарастать. Осенью запасы фитомассы мхов увеличиваются, достигая исходных весенне-летних запасов или превышая их. Испытывая дефицит влаги в середине сезона, мхи приостанавливают свой

рост, а при благоприятных условиях в конце сезона происходит нарастание фитомассы мхов.

Травы, осоки и пушицы доминируют на пониженных элементах рельефа, в мочажинах и топях, на болотах разной трофности. В олиготрофных мочажинах доминируют мелкие осоки и пушицы, которые нарастают в начале сезона, в середине происходит снижение или повышение запасов в зависимости от года. В засушливый год, при недостатке воды, происходит снижение запасов в середине сезона, а при достаточном количестве воды растения могут немного повысить свои запасы. И в конце вегетационного сезона происходит вторичное кущение и повышение массы. При наступлении заморозков в сентябре происходит заметное снижение запасов, питательные вещества перетекают в корни и узлы кущения, что всегда приводит к увеличению запасов в подземной сфере. В мезотрофных мочажинах при повышении трофности или водно-минерального питания, в мочажинах развиваются крупные осоки, что отражается на повышении общих запасов. Динамика их наиболее выражена и разница между максимальным запасом и минимальным может достигать двух-трех раз. Своего максимального развития запасы фитомассы трав мезотрофных мочажин достигают в середине сезона в июле месяце. К зиме, в конце августа – начале сентября, происходит отмирание мелких осок и пушиц. В конце сезона может произойти осеннее кущение.

Запасы зеленой фитомассы трав на повышенных элементах рельефа самые низкие. Здесь из трав доминирует морошка, динамика которой слабо выражена в сухой год, но при достаточном притоке воды запасы повышаются, и динамика 2004 г. более выражена, чем в 2001 г.

Динамика запасов зеленой фитомассы вечнозеленых кустарничков в течение сезона зависит от погодных условий года. На разных элементах рельефа динамика проявляется по-разному. Максимум запасы фитомассы чаще всего достигают в середине или в начале сезона, когда начинается рост новых листьев, а старые еще продолжают функционировать. В результате на ветках сохраняется наибольшее количество фотосинтезирующей фитомассы, которая при начале цветения растения, когда

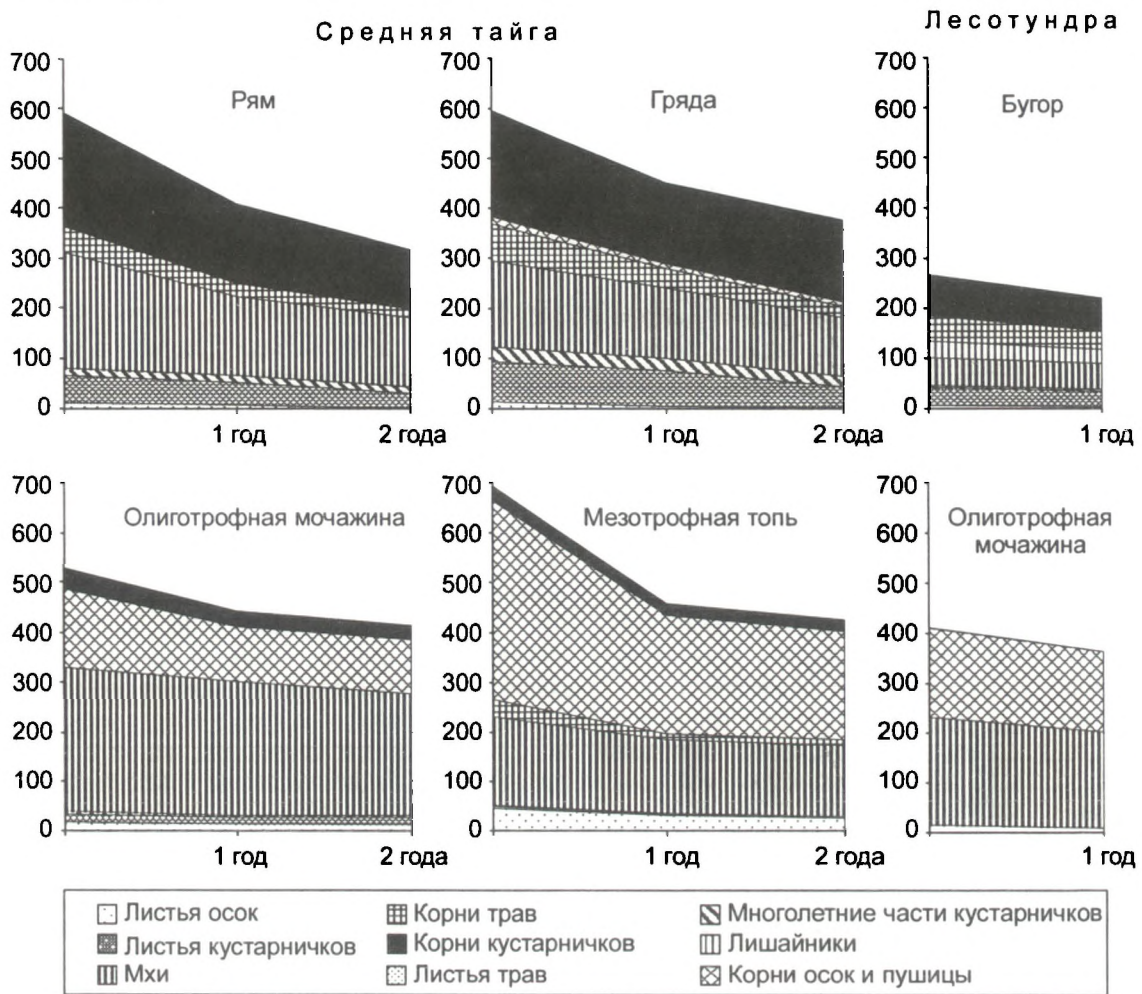


Рис. 1. Чистая первичная продукция и минерализация мертвого растительного вещества в болотных экосистемах средней тайги и лесотундры, г/м^2 в год (сух. в-ва)

происходит отток питательных элементов и старые листья отторгаются, происходит обильный листопад старых листьев и снижение запасов фитомассы.

В целом, динамика запасов живой фитомассы разных фракций очень разнообразна, наибольшие изменения фитомассы происходят с запасами трав, менее выражена динамика запасов зеленой фитомассы вечнозеленых кустарничков и меньше всего меняется в течение сезона фитомасса мхов.

Общие запасы растительного вещества в разные годы на болотах таежной зоны колеблются в пределах от 6400 до 20000 г/м^2 . Прослеживается увеличение запасов растительного вещества с юга на север.

Во всех вариантах болот преобладает мертвое растительное вещество, составляющее 70 – 90% от общих запасов. Чистая первичная продукция (NPP) болотных экосистем средней тайги изменяется от 600 до 1200 г/м^2 в год, на севере продукция снижается и варьирует от 150 до 600 г/м^2 в год в зависимости от растительного сообщества, водно-минераль-

ного питания и климатических условий года. Деструкция растительного вещества в болотных экосистемах определяется видом растения, его биологией и фракцией самого растения. При сравнении величин потерь при разложении на плоскобугристом болоте в зоне лесотундры и верховом болоте в подзоне средней тайги в общем можно сказать, что в средней тайге разложение растительных остатков происходило быстрее, чем в лесотундре. Наблюдались существенная разница в величине потерь для различных фракций растительного вещества. Листья кустарничков и ветوشь трав в лесотундре разлагались медленнее лишь на 3 – 5%, корни кустарничков – на 7%, а потери корней осок на 20% меньше, чем в средней тайге. В три раза медленнее разлагался в лесотундре очес мхов и в два раза остатки лишайников на повышенных элементах рельефа болотных систем. Потери очеса мочажинных мхов в лесотундре меньше на 3 – 4%.

Работа выполнена при поддержке гранта ИНТАС (№ 03-51-6294).

РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Е.К. Паршина

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: zhenya1579@rambler.ru

Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов показали, что в ряду травы, кустарнички, сфагновые мхи максимальная скорость деструкции наблюдалась у вахты трехлистной – после года разложения потери составили около 60% от исходной массы растения. Средней скоростью разложения характеризовались вересковые кустарнички. Скорость выноса макроэлементов при разложении растительных остатков уменьшается в ряду K, Na, Ca, Mg, P, N, C.

Экологические проблемы регионального и глобального масштаба все чаще напоминают о необратимых изменениях окружающей среды. Функционирование отдельных экосистем и биосферы в целом во многом зависит от особенностей биологического круговорота углерода. Регистрируемое накопление углеродсодержащих газов в атмосфере, вероятнее всего, является следствием дисбаланса углеродного цикла. Сопряженные исследования процессов прироста фитомассы и торфонакопления в болотных экосистемах позволили выявить функциональные связи между отдельными структурными блоками и их количественные характеристики.

Целью данной работы было выявление особенностей процессов разложения, и потерь макроэлементов в верховых болотных комплексах средней тайги Западной Сибири.

Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов в активном 30-сантиметровом слое проводились в 2004 – 2005 гг. в четырех экосистемах на ключевом участке в районе месторождения «Приобское». Рям, или сосново-кустарничково-сфагновое сообщество, древесный ярус которого в основном представлен *Pinus sylvestris* L. с сомкнутостью крон 0,1. Кочки, высотой до 30 см, занимают 50% площади рьяма и покрыты кустарничками *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Ledum palustre* L. и *Andromeda polifolia* L. Доминантом мохово-лишайникового яруса является *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. Грядово-мочажинный комплекс расположен на пологом склоне болота между рьямом и транзитной топью. На грядах деревья (*Pinus sylvestris*) и кустарнички находятся в более угнетенном состоянии, чем в сообществе рьяма. Хорошо развитый травяной ярус представлен *Rubus chamaemorus* L. и *Eriophorum vaginatum* L. В моховом покрове доминантом по-прежнему остается *Sphagnum*

fuscum, но увеличивается обилие сопутствующих видов *S. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C.Jens. и *S. magellanicum* Brid. В мочажинах преобладающим сообществом является шейцериново-сфагновое. Доминантом здесь становится *Scheuchzeria palustris* L., единично встречаются *Andromeda polifolia*, *Eriophorum russellii* Fries, *Carex limosa* L. Моховой покров сложен тремя видами сфагновых мхов *Sphagnum balticum* (Russ.) Russ. ex C.Jens., *S. papillosum* Lindb. и *S. lindbergii* Schimp. ex Lindb. Осоково-сфагновая транзитная топь представляет собой ложбину стока, по которой происходит сброс болотных вод с окружающих рьямов и грядово-мочажинных комплексов в озеро. Хорошо развитый травяной ярус топи состоит в основном из *Carex rostrata* Stokes и *Menyanthes trifoliata* L., в нем также присутствуют *Carex limosa*, *Rhynchospora alba* (L.) Vahl и *Scheuchzeria palustris*. Моховой ярус отличается рыхлым сложением и мозаичностью. Доминантами его являются *Sphagnum lindbergii*, *S. magellanicum* и *S. papillosum*.

Для определения скорости разложения отдельных видов применялся метод закладки растительности в торф. Деструкция изучалась у 2 видов кустарничков, 7 видов травянистых растений, 5 видов сфагновых мхов и 2 видов лишайников. Отбор экспериментального материала проводился через 12 месяцев после закладки опыта. Также было определено содержание макроэлементов в образцах растительного вещества до и после разложения.

Болотные растения, использовавшиеся в нашем эксперименте, по химическому составу можно разделить на 3 группы. К первой группе относятся травянистые растения, они обладают наибольшим содержанием зольных элементов (3,5 – 7%), азота и фосфора. Максимальное содержание азота было отмечено в ветоши *Menyanthes trifoliata* (1,09%), соотношение C:N равно 40. Чем ниже значение соотношения C:N,

тем растительный материал становится более доступным для микроорганизмов и беспозвоночных животных, осуществляющих разложение. Вторую группу растений составляют вересковые кустарнички, имеющие среднюю зольность (2,6 – 3,5%). Значение соотношения C:N у опавших листьев *Chamaedaphne calyculata* равно 60. В третью группу входят сфагновые мхи и лишайники. В них содержится наименьшее количество зольных элементов (0,9 – 2,4%), азота

и фосфора. Значение соотношения C:N велико и чаще превышает 150.

Исходя из экспериментальных данных по разложению, растительные остатки видов подразделили на быстро разлагающиеся, средне разлагающиеся и медленно разлагающиеся. К первой группе относится *Menyanthes trifoliata*, ее ветошь и подземные органы за год разложения потеряли 56 – 60% от исходной массы (рис. 1).

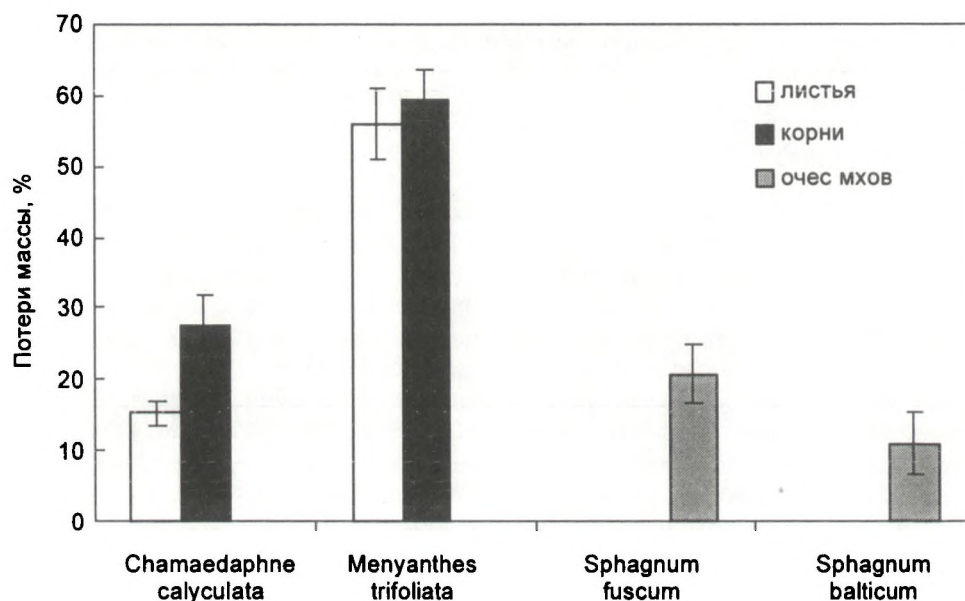


Рис. 1. Разложение растительных остатков в течение года (потери массы даны в процентах от исходного веса)

В группу со средней скоростью разложения (от 15 до 40% потери массы в год) входит большинство исследованных растений: вересковые кустарнички, пушица, осоки, сфагновые мхи, доминирующие в рядах и на грядах, лишайники. Листья и стволы кустарничков потеряли 15% массы, корни в два раза больше – 28%. Снижение массы ветоши пушицы и осок равно 20 – 25%. Несколько медленнее разлагались узлы кушения, корневища и корни пушицы; в рядах и на грядах убыль их массы составила 15 – 20%. В топном сообществе потеря массы подземных органов осок колеблется от 30 до 40%. Очес *Sphagnum fuscum*, доминирующего в моховом покрове рядов и гряд, за год потерял 20% от исходного веса. Масса образцов лишайников снизилась на 25 – 30% при разложении в течение года в сообществе гряд.

К медленно разлагающимся растениям относятся мочажинные и топные сфагновые мхи – *Sphagnum balticum* и *S. papillosum*. Снижение веса их очеса за год в мочажине и топи не превысило 10 – 11% от исходной массы.

Скорость выноса макроэлементов при разложении растительных остатков уменьшается в

ряду K, Na, Ca, Mg, P, N и C. Относительные потери за год наиболее подвижных элементов, калия и натрия, во всех образцах были больше 60%, в среднем 80% от исходного количества в растительном веществе. Быстрее эти элементы вымывались при разложении вахты и осок, медленнее при разложении кустарничков. Скорость потери кальция и магния меняется от 20 до 99% при разложении растительных остатков разных видов. В среднем за год растения потеряли около 65% их исходного запаса. Подземные органы трав и кустарничков теряли эти элементы быстрее, чем надземные части растений. Количество азота и фосфора за год разложения снизилось в среднем на 40%. Наибольшие потери азота (50 – 60%) наблюдались в процессе разложения подземных органов трав и кустарничков, а также очеса *Sphagnum fuscum*; меньше всех азота потерял *S. balticum* – не более 8% (рис. 2). Корни и корневища осок и вахты показали максимальные потери фосфора (70 – 80%), но при разложении кустарничков потери фосфора у листьев были больше, чем у корней, 60 и 10%, соответственно.

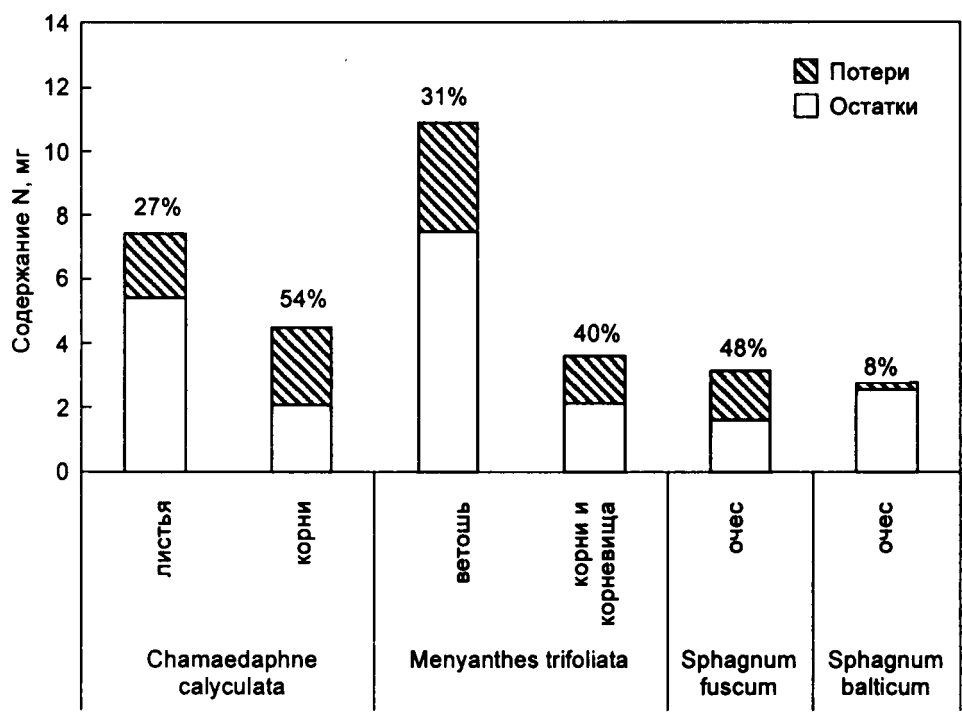


Рис. 2. Относительные потери азота при разложении в течение года

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод: в болотных комплексах средней тайги сосудистые растения топяного сообщества более подвержены разложению, потери и органической, и минеральной частей у них больше. Кустарнички и травы повышенных форм рельефа, ямов и гряд, разлагаются несколько медленнее. Наибольшие потери орга-

нической составляющей очеса сфагновых мхов наблюдались именно в ряме и на гряде; минеральная часть очеса терялась почти равномерно на повышенных и пониженных элементах рельефа.

Работа выполнена при поддержке гранта ИНТАС (№ 03-51-6294).

СОВРЕМЕННАЯ АККУМУЛЯЦИЯ ТОРФА И УГЛЕРОДА НА БОЛОТАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю.И. Прейс¹, В.А. Бобров², Т.А. Шарапова¹, О.Р. Сороковенко¹

¹ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
E-mail: preisyui@rambler.ru

² Институт геологии и минералогии СО РАН
E-mail: bobr@uiggm.nsc.ru

Представлены результаты детального исследования свойств торфов и датирования по ²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs, ¹⁴C, позволившие рассчитать скорости прироста и аккумуляции торфа и углерода за последние 100 лет и по периодам до 1960, 1949 и 1905 гг. для 7 типичных участков олиготрофных и мезотрофных болот южной тайги Западной Сибири.

В результате комплексных, детальных исследований и датирования по ²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs и ¹⁴C торфяных залежей 7 типичных участков олиготрофных и мезотрофных болот южной тайги Западной Сибири выявлены особенности датирования по ²¹⁰Pb и ¹³⁷Cs торфяных залежей, формирующихся в условиях континентального климата. Установлено, что за 100-летний период накопилось 19 – 58 см или 4,6 – 22,4 кг/м² торфа и 2,2 – 9,9 кг/м² углерода. Средние скорости аккумуляции торфа за этот период составили 46,4 – 224,2, а углерода – 22,3 – 99,4 г/м² в год. Внутри 100-летнего периода выявлено не только значительное варьирование величины, но и характера изменения этих показателей. При этом на 3 болотах максимальные значения скорости аккумуляции торфа и углерода характерны для слоя 1960 – 2005 гг. (соответственно

130,9 – 381,1 и 59,8 – 78,6 г/м² в год), а на 4 – для слоя 1960 – 1949 гг. (соответственно 102,9 – 267,4 и 99,4 – 124,0 г/м² в год). На некоторых болотах отмечены неправомерно низкие скорости аккумуляции торфа и углерода (соответственно 8,6 – 26,0 и 4,1 – 12,5 г/м² в год) в слое 1949–1905 гг. При этом максимальные значения всех показателей характерны для олиготрофных сосново-кустарничково-сфагновых болот (рямов), славян на контакте рямов и первичных озер и кочек мезотрофных травяно-сфагновых, а минимальные – для олиготрофных рослых рямов и мезотрофных облесенных кустарничково-сфагновых.

Исследования выполнены при финансовой поддержке МИП СО РАН №.137 «Мониторинг Большого Васюганского болота» и Программы №16 Президиума РАН (Проект №5).

МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ПОЧВ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

М.Т. Устинов¹, В.А. Казанцев², Л.А. Магаева², М.В. Глистин³

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: soil@issa.nsc.ru

² Институт водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: kama@online.sinor.ru

³ ФГУП «Запсибгипроводхоз», Новосибирск, Россия
E-mail: info@zsgvh.n-sk.ru

Многолетние геосистемные исследования почв Западной Сибири позволили разработать методологию мониторинга, которая дает возможность контролировать самые сложные природные и технические сценарии ресурсодобывающих территорий. В основе экосистемной оценки почв – ландшафтно-геохимические таксоны: водосборный бассейн, трансект-катена, галогеохимическая система.

Для реализации решений, принятых в последние годы: Указа Президента Российской Федерации от 01.04.96 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», Федерального закона «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», Федерального закона «О мелиорации земель», Федеральной программы «Создание автоматизированной системы ведения Государственного земельного кадастра», требуется комплекс научных разработок. К ним относятся:

- совершенствование методов мониторинга и охраны земель в новых экономических условиях;
- разработка и совершенствование имеющихся методов оценки земель с учетом не только локального, но регионального и глобального природных уровней;
- количественный и качественный учет показателей состояния плодородия земель;
- региональное нормирование и воспроизводство плодородия земель;
- адаптивно-ландшафтная система земледелия;
- зонально-региональные мелиоративные мероприятия;
- прогнозирование направленности развития экосистем.

Несомненно, особый научный подход необходим при организации системного комплексного мониторинга природных ресурсов и прогнозирования эволюции экосистем в ресурсодобывающем Западно-Сибирском регионе, где широко распространение торфяников и где характерно интенсивное проявление техногенеза.

Высокая чувствительность почвенного покрова к антропогенным и техногенным процессам делает почвенные ресурсы одним из основных индикаторов экологического состояния ресурсодобывающих территорий. Это позволяет положить в основу мониторинга метод почвотестирования (Устинов и др., 2000). Почва, кроме того, важнейший компонент биоценоза, «зеркало ландшафта», что и дает основание выполнять контроль экологических сценариев антропогенеза и техногенеза на ландшафтном, (геосистемном) уровне. Экологическое значение почвы на ландшафтном уровне – это ее тесная связь с остальными компонентами ландшафта, водными и воздушными потоками вещества. Опасность накопления токсичных микроэлементов и загрязняющих веществ в целом в верхних горизонтах почв или их вымывание и накопление в более глубоких горизонтах контролируется характером и положением в почвенном профиле разных геохимических барьеров, определяемых структурными и функциональными особенностями этих горизонтов (Глазовская, 1992).

Основными определяющими ландшафтно-геохимическими таксонами экосистемной оценки почв являются водосборный бассейн, трансект-катена и галогеохимическая система.

Водосборный бассейн, как геоинформационная система территорий, повсеместно формирующая ландшафты, как элемент определенного уровня в их иерархии является узловой таксономической единицей, параметры и потенциал которой есть ведущее начало, которое предопределяет развитие ландшафта в том или ином направлении. Вбирая и отражая генетические особенности входящих в него геосистем, водосборный бассейн формирует в них

вещественно-энергетический и информационный обмен, определяет их эволюцию. Он представляет собой целостную геоморфологическую единицу, позволяющую устанавливать иерархию склонов, дифференциацию геохимических потоков и т.д.

Трансект-катена (Устинов, 2001) выполняет роль опорного узла почвенно-геохимических сопряжений и ключевого участка структуры почвенного покрова в водосборном бассейне. В отличие от катены – линейной единицы почвенного покрова, трансект-катена трехмерное, целостное, закономерно организованное тело, которое имеет таксономическую определенность, специфический состав и структуру, свои пространственные и временные свойства. В трансект-катене формирование почв, особенности их режима и развития определяются макро и микроклиматическими параметрами, геоморфологией, растительностью, геологией (стратификацией литогенеза и педогенеза), гидрогеологией (глубиной залегания уровня грунтовых вод, его амплитудой, химическим составом и минерализацией вод), историей развития территории, природными ритмическими, антропогенными и техногенными воздействиями. Количество и места исследований трансект-катен определяются на основе ландшафтно-экологической оценки водосборного бассейна и особенностей его почвенного покрова.

Галогеохимическая система – часть трансект-катены – включает почву, породы зоны аэрации и грунтовые воды, приурочена обычно к одному элементу рельефа и характеризуется четкими особенностями строения и водообмена (водораздельный, склоновый, ложбинный, западинный, и низинный классы; постоянный незасоленный, переменный, постоянный засоленный, пульсирующий, неустойчивый режимы засоления) (Магаева и др., 1998). Это позволяет типизировать территории для составления водосолевых балансов.

Типовые эпюры солевых профилей галогеохимических систем трансект-катены маркируют структурно-функциональную организацию и ди-

намику почвенных экосистем в зональных, региональных и локальных закономерностях ландшафта, что весьма важно для мониторинга, оценки и оптимизирования природопользования.

При мониторинге ресурсодобывающих территорий необходимо отделять природные (эволюционно-генетические) процессы (особенно негативные) от процессов, обусловленных причинами техногенного воздействия. Например, дождевую эрозию от техногенной или природное угнетение растений от техногенного. Для этой цели перед заложением мониторинга необходимы комплексные почвенные, эколого-мелиоративные, гидротехнические, инженерно-геологические, ландшафтно-геохимические съемки. Оценка выполняется по глобальным, региональным и локальным критериям и показателям. Степень экологической устойчивости экосистем ресурсодобывающих территорий и их потенциал самоочищения определяются через ландшафтную устойчивость почв и господствующие в них кислотнo-щелочные и окислительно-восстановительные условия.

Возможно также определить территории, относящиеся к фонду сельскохозяйственных земель, мелиоративному фонду земель, фонду земель особого назначения (лесные земли, парковые леса, боровые пески, ямы, заторфованные болота, горные территории и др.).

При организации мониторинга на ресурсодобывающих территориях в качестве обязательных объектов мониторинга необходимо выделять фоновые территории, в число которых должны входить биосферные заповедники, также включать и используемые в сельском хозяйстве земли и земли, находящиеся под антропогенным прессом, которые в перспективе планируется вывести из-под техногенного воздействия. Исследования аналогов почв ландшафтов, не испытывающих на себе антропогенный пресс, через сравнительный анализ позволит определять направленность почвенных процессов, уровень воздействия техногенеза и позволит оценить экологическое состояние экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазовская М.А. Почвенно-геохимическое картографирование для оценки экологической устойчивости среды // Почвоведение. – 1992. – № 8. – С. 5 – 14.
2. Магаева Л.А., Гаджиев И.М., Елизарова Т.Н., Казанцев В.А. Галогенез Барабы и его экологические аспекты // Сибирский экологический журнал. – 1998. – Т. 5. – № 6. – С. 543 – 553.
3. Устинов М.Т., Казанцев В.А., Елизарова Т.Н. и др. Мониторинг территорий нефтегазовых промыслов почвотестирования // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. – Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, НОА СО РАН, 2000. – С. 197 – 199.
4. Устинов М.Т. Катенография и эколого-мелиоративная оценка почвенного покрова методом трансект-катен // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 3. – С. 285 – 291.

ЗАПАСЫ ПОДСТИЛОК В ЛЕСАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С.В. Шибарева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: argenta@issa.nsc.ru

Запасы подстилки в хвойных лесах Западной Сибири изменяются от 23,1 до 46,2 т/га. Запас подстилки в березняках значительно ниже.

Как торф в болотах депонирует органическое вещество, так и подстилка в лесах аккумулирует органический углерод и элементы питания. Запасы подстилок определяются поступлением опада и разложением органических веществ подстилки. При разных соотношениях скоростей этих двух процессов в лесах накапливаются различные запасы подстилок.

Запасы подстилок были оценены нами в лесах Западной Сибири, в северной и южной тайге. Масса подстилок для каждой пробной площади учитывалась на 15 квадратах размером 0,25х0,25 м, расположенных случайным образом на площади 100х50 м². Подстилка отбиралась до минеральной части почвы по ее струк-

турным слоям: AOL (морфологически хорошо сохранившиеся, слабо затронутые разложением остатки опада), AOF (растительные остатки, которые остаются на сите с диаметром ячеей 2 мм при просеивании массы после отбора компонентов слоя AOL и корней) и AOH (гумифицированные, не сохранившие анатомического строения растительные остатки, прошедшие через сито с диаметром ячеей 2 мм). Кроме того, в верхнем почвенном слое путем отмывания водой и дальнейшей разборки учитывались растительные остатки, представленные в основном мертвыми корнями. Эти растительные остатки присоединялись к слою AOH. В таблице представлены основные результаты.

Запасы подстилок в лесах северной и южной тайги Западной Сибири

Координаты	Тип леса	Запасы, т/га			
		AOL	AOF	AOH	Всего
Северная тайга					
65°08' с.ш. 77°46' в.д.	Сосново-лиственничный кустарничково-зеленомошно-лишайниковый	5,2	3,3	14,7	23,1
64°05' с.ш. 75°06' в.д.	Сосняк бруснично-лишайниковый с березой и елью	6,4	6,9	32,9	46,2
63°12' с.ш. 75°40' в.д.	Лиственничник голубично-брусничный с березой и елью	6,7	11,8	19,4	38,0
	Березняк голубично-зеленомошный	2,2	5,7	7,9	15,8
Южная тайга					
59°40' с.ш. 70°02' в.д.	Осиново-еловый мелкотравный	5,4	2,9	34,2	42,5
	Пихтово-осиновый с подлеском из липы и рябины	6,9	1,7	47,2	55,8

В северной тайге запасы всех слоев даже в однотипных лесах сильно отличаются. Слой AOL максимален в лиственничнике голубично-брусничном и минимален в березняке. Слой AOF имеет наибольшую массу в лиственничнике (11,8 т/га) и наименьшую массу в самом северном сосново-лиственничном лесу (3,3 т/га). Слой AOH аккумулирует 32,9 т/га в сосняке бруснично-лишайниковом и в четыре раза меньше в березняке голубично-зеленомошном. Общий запас подстилки в хвойных лесах изменяется от 23,1 до 46,2 т/га, и зависимости от типа леса не наблюдается. Резко отличается березняк голубично-зеленомошный, общий запас подстилки в котором в два раза меньше, чем средний запас в хвойных лесах. Понижен-

ные запасы подстилки в березняке связаны с ускоренным ее разложением, что, в свою очередь, объясняется повышенной концентрацией азота в опаде березняков.

Запасы слоя AOL сравнимы с запасами в лиственничных лесах Средней Сибири, запасы слоя AOF приблизительно в 8 раз выше, в то время как масса слоя AOH там в 3 – 6 раз ниже. Общий запас подстилки в лиственничниках совпадает в Западной и Средней Сибири (38 – 45 т/га) (Ведрова, Мухортова, Станков, 2002).

В южной тайге запасы подстилок в смешанных лесах достигают 42 – 56 т/га, основная масса органических веществ сосредоточена в слое AOH, но более 10% находится в слое AOL. По данным Э.Ф. Ведровой (2002) в Средней

Сибири запасы подстилки в сосняках – 14,5, в лиственничниках – 18,8, в кедровниках – 14, в ельниках – 10, в пихтарниках – 9 и в осиново-березовых лесах – 5 – 6 т/га.

В Западной Сибири запасы подстилок значительно выше, что, вероятно, связано с увеличением массы опада, поступающего в подстилку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведрова Э.Ф. Разложение лесных подстилок // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 232 – 238.
2. Ведрова Э.Ф., Мухортова Л.В., Стаканов В.Д. Цикл углерода в насаждениях разного возраста и состава // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 240 – 244.

Section 4

Carbon Gas Fluxes of Northern Bogs

Газовые потоки в цикле углерода болотных экосистем

West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present

Proceedings of the Second
International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk,
August 24 – September 2, 2007

THE DATA BASE OF CH₄ EMISSION FROM SOILS OF RUSSIA

M.V. Glagolev¹, S.S. Maksyutov², A.M. Peregon^{2,3}, and N.A. Shnyrev¹

¹ Moscow State University, Soil Science faculty, Moscow, Russia

E-mail: o_ruhovich@mail.ru

² National Institute for environment studies, Tsukuba, Japan

³ Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS, Novosibirsk, Russia

In this paper we present the data base of methane emission from Russian soils. At the present time the base contains more than 6 hundreds data records about CH₄ emission from 10 regions of Russia. The most part of information belongs to the West Siberia region.

Atmospheric methane is an important greenhouse gas (Dise, 1993). An accurate estimation of methane emissions is important for the future control of global climate change. Natural wetlands may comprise the largest single source of methane to the atmosphere (Dise, 1993). Thus, for correct estimate, it is necessary to do data base (DB). DB already were created by Rozanov (Rozanov, 1995) and Zelenev (Zelenev, 1996), but it was more than ten years ago. There are a lot of new sources were published at the last time. DB of Zelenev consist of 63 fields, but many fields, which represent the same parameters expressed in different units of measurement; we unify some fields for avoid it.

DB contain next fields: INDEX – record number; SITE – name of the research territory (often named as nearest inhabited locality); POINT – local name of the concrete sampling site at research territory; LATITUDEDEGREE, LATITUDEMINUTE, LONGITUDEDEGREE, LONGITUDEMINUTE – geographical latitude (north) and longitude (east) of the sampling site; ZONE – natural zone: Tundra; Forest-tundra; Taiga; Forest-steppe; Steppe; SUBZONE – natural subzone: Arctic tundra, Subarctic tundra, South tundra (for the «Tundra» zone); North taiga, Middle taiga, South taiga, Subtaiga (for the «Taiga» zone); ECOSYSTEMTYPE – ecosystem type of the sampling site (as indicated in source of information); MICROLANDSCAPE – microrelief characteristics: D (depressed element) – microdepression; E (elevated element = hillock), for example hillock in ryam; F (Flat palsa) – ridge at flat ridge wetland; H (hollow) – hollow in a ridge-hollow complex, if it is possible detailed by two groups (Hb – big-hollow complex, Hs – small-hollow complex); P (high Palsa); R (Ridge) – ridge in a ridge-hollow complex; DAYSTARTDATE – initial day of the series of measurements (1 = first day of a month, 2 = second day of a month,...); MONTHSTARTDATE – initial month or season of the series of measurements: (January=1,... December=12, Winter, Spring, Summer, Autumn); YEARSTARTDATE – initial year of the series of measurements; DAYENDDATE, MONTHENDDATE, YEARENDDATE – final date, final month

(or season) and final year of the series of measurements; TIME – time of measurement; FLUX – methane flux (mgCH₄/m²/h); FLUXCODE – the code of methane flux: A – average value, D – weighed average value (the weights are inversely proportional to dispersions of measurements), E – single measurement, I – minimal value, K – maximal value; M – median, N – no data about type of statistical characteristics of flux value, but probably it is arithmetic mean value, O – not data about type of statistical characteristics of flux value, but probably it is single measurement, S – season average; ERROR – some characteristic of the error of methane flux (mgCH₄/m²/h); ERRORCODE – the code of error type: 0 – not data about type of statistical characteristics of flux dispersion, 1 – std, 3 – std with weights (weights inversely proportional to dispersion of measurements), 4 – standard error, 5 – maximal error of digitization (the data about flux dispersion don't given in source of information, but values of fluxes are present at picture and the errors appear in process of digitization), 95 – confidence interval at 95% level; AIRT – mean air temperature for the period of measurements (°C); SOILT1, DEPTH1, SOILT2, DEPTH2,...,SOILT4, DEPTH4 – average soil temperature for the period of measurements (°C) and depth of soil temperature measurement (cm); WTL – water table level (cm: 0 cm corresponds to soil surface, some positive value represents the level under soil surface, and some negative value represents the level above soil surface); PHMIN – minimal pH value; PHMAX – maximal pH value; DOMINANTSPECIES – dominant plant species; METHOD – method of measurement: ASC – automatic static chamber method, MSC – manual static chamber method, GMT – gradient method, tower (using of meteorological tower); INFO-SOURCE – source of information: 0 – literature data, 1 – native data from research group of M.V. Glagolev; REFERENCENATIVELANGUAGE – reference to the source of information at the original language (for example, «Серебря и Задорожная, 2006», if that source was published at Russian language); REFERENCEENGLANGUAGE

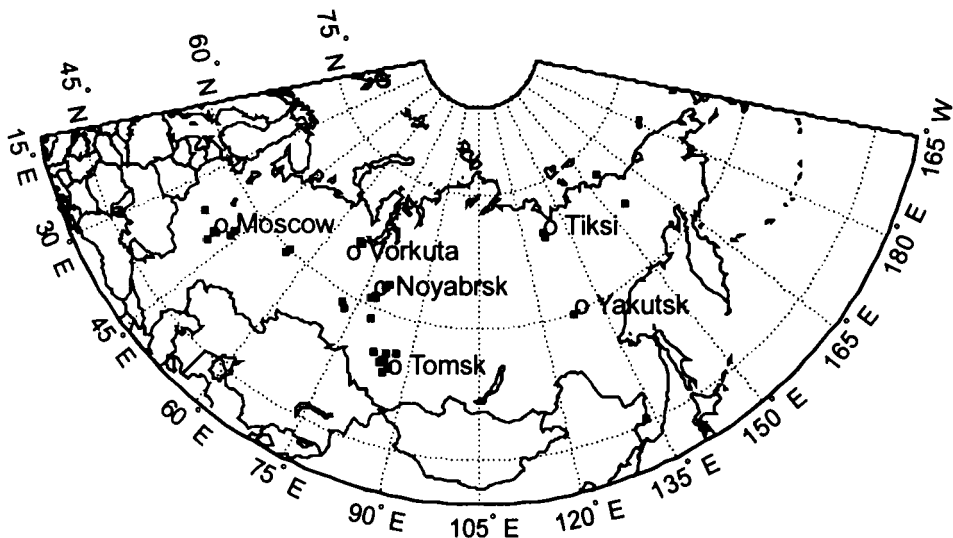


Fig. 1. Map with location of some points at the territory of Russia.

Allocation of DB records at the territory of Russia

Region	Record count	Years of measurement
the Komi Republic	13	1990, 2003
Moscow region	57	1993, 1999 – 2000, 2002
Tver region	116	1991 – 1997
Tomsk region	211	1992 – 2006
Tyumen region	18	1995
Khabarovsk Territory	15	1999
the Khanty-Mansi Autonomous region	26	1993, 1994
Republic of Sakha (Yakutiya)	139	1991, 1993, 1997 – 2000
the Yamal-Nenets Autonomous Area	62	1999
Yaroslavl region	125	2001, 2002

– reference to the source of information at Roman letters independently of original language («Sergeeva and Zadorozhnaya, 2006»); COMMENT – operator and supervisor comments (this field usually use for information from source, which can't put in to another fields). Some points of DB are present at the map.

In the future, the results of our work may be use both for mathematical modeling of methane emission from territory of Russia (regional level) and for global biospheric models.

The authors wish to thank Doctor of Biological science A.V. Naumov for useful discussion of probable database structure.

REFERENCES

1. *Dise N.B.* Methane emission from Minnesota peatlands: spatial and seasonal variability // *Global Biogeochemical Cycles*. – 1992. – V. 7. – No. 1. – P. 123 – 142.
2. *Rozanov A.B.* Methane Emission from Forest and Agricultural Land in Russia. WP-95-31. – Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, 1995.
3. *Zelenev V.V.* Assessment of the Average Annual Methane Flux from the Soils of Russia. WP-96-51. – Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, 1996.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУЦИРОВАНИЯ CO_2 СФАГНОВЫМИ ТОРФАМИ В НАТИВНЫХ УСЛОВИЯХ

Е.А. Головацкая, Е.А. Дюкарев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

E-mail: golovatskaya@imces.ru

Представлены результаты исследования интенсивности переноса и образования CO_2 в верхних слоях торфяной залежи. Выявлена положительная корреляционная зависимость между эмиссией CO_2 с поверхности торфяной залежи, с глубины 20 см и температурой поверхности. Кроме того, выявлена связь между эмиссией CO_2 и градиентом температуры в слое 0 – 25 см.

Исследование потоков эмиссии CO_2 в профиле торфяной залежи проводилось на стационаре ИМКЭС СО РАН «Васюганье» (Бакcharский район, Томская область) в 2006 г. с использованием газоанализатора ОПТОГАЗ 500.4. В торфяной залежи были установлены полые трубки на глубину 20 и 75 см, из которых отбирались пробы воздуха для определения эмиссии CO_2 с разных глубин торфяной залежи.

Интенсивность эмиссии CO_2 с глубины 75 см в 5 раз ниже по сравнению с эмиссией CO_2 с глубины 20 см и составляет соответственно 8,8 и 28,2 mgCO_2/m^2 в час. Также была проведена оценка вклада потока CO_2 с разных слоев торфа в общий поток CO_2 идущий с поверхности торфяной залежи. Согласно полученным данным средний поток из слоев глубже 75 см со-

ставляет 8,8, из слоя 20 – 75 см – 19,4, из слоя 0 – 20 см – 52,1 mgCO_2/m^2 в час.

Выявлена положительная корреляционная зависимость между эмиссией CO_2 с поверхности торфяной залежи, с глубины 20 см и температурой поверхности ($r = 0,96$ и $0,80$ соответственно). Кроме того, выявлена связь между эмиссией и градиентом температуры в слое 0 – 25 см, при понижении температуры в водонасыщенных слоях торфа происходит увеличение потока CO_2 , направленного к поверхности, за счет градиента температур.

Таким образом, оценка интенсивности переноса и образования CO_2 в верхних слоях торфяной залежи показала, что максимальный вклад в поток CO_2 с поверхности торфяной залежи вносят верхние 20 см торфа, которые представляют собой аэробный слой.

ENVIRONMENTAL CONTROLS OF CO₂ EXCHANGE OF A BOREAL PEATLAND ON MICRO-SITE AND ECOSYSTEM SCALE, SALMISUO, FINLAND

***L. Kutzbach, J. Schneider, S. Schulz, T. Becker,
C. Wille, J. Ibendorf, and M. Wilmking***

**Institute for Botany and Landscape Ecology,
Ernst Moritz Arndt University of Greifswald, Germany
E-mail: kutzbach@uni-greifswald.de**

The carbon budgets of the atmosphere and the terrestrial ecosystems are closely coupled by the vertical exchange fluxes of carbonaceous gases, primarily carbon dioxide (CO₂) and methane. The northern peatlands have been major sinks of atmospheric carbon throughout the Holocene. With respect to the observed global warming trend in the last century and the much larger future warming projected by climate model simulations, the question arises how the carbon dynamics of northern peatlands are and will be reacting to changing climatic conditions. To evaluate this question, the complex network of interconnected driving factors and coupled processes which control the carbon exchange of northern peatlands has to be analysed by combining intensive field studies with process-based and statistical model approaches. Here, we present measurements of the CO₂ exchange fluxes of a pristine boreal peatland (Salmisuo, Finland, 63°N, 31°E) representative on two different spatial scales. On the ecosystem scale, CO₂ fluxes were determined by the micro-

meteorological eddy covariance method over two years from July 2005 to July 2007. The spatial variability of the CO₂ fluxes within the peatland ecosystem was investigated during the vegetation periods by closed chamber measurements at three micro-site types of differing hydrology: hummocks (driest), lawns (intermediate) and flarks (wettest). For comparison between the spatial scales, the micro-site measurements were scaled up to the ecosystem scale using a high-resolution landscape classification based on near aerial photography. The control of the peatland's CO₂ exchange by the interplay of the respective environmental driving factors was analysed by applying a set of models of differing complexity to the CO₂ flux time series data observed on the different spatial scales. The models which ranged from more deterministic to more empirical approaches were compared regarding their performance in reflecting the measured CO₂ fluxes and their ability to give insights into the environmental control of the CO₂ exchange of boreal peatlands.

WEST SIBERIAN PEATLANDS: COMPARATIVE STUDY OF GREENHOUSE GAS EMISSION IN MIDDLE TAIGA AND FOREST TUNDRA CLIMATIC CONDITIONS

**A.V. Naumov¹, J.T. Huttunen², M.E. Repo², A.V. Chichulin¹,
A.M. Peregon¹, I. Filippov³, E.D. Lapshina⁴, P.J. Martikainen²,
and W. Bleuten⁵**

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

E-mail: naumov@issa.nsc.ru

² University of Kuopio, Department of Environmental Science, Finland

³ Tomsk State University, Tomsk, Russia

⁴ Yuga State University, Khanty-Mansiysk, Russia

⁵ Utrecht University, Department of Physical Geography, Utrecht, the Netherlands

The study of CO₂ and CH₄ gas emission was carried out in two contrast bioclimatic sub-zones in the north provinces of Western Siberia. Three year measurements have shown the averaged summer fluxes to be equaled $81,6 \pm 70,1 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($n = 190$) and $7,56 \pm 4,23 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($n = 156$) for middle taiga mires. The north peatland fluxes were substantively lower and ranged from 6,1 (in lake) up to 41,0 (oligotrophic hollow) $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ and 1,5 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (lake) to 5,4 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (palsa surface) during July-August 2005. Influence of peat temperature and water table level (WTL) were also searched on the methane and carbon dioxide fluxes. It was found statistically true regressive exponential relationship between CH₄ flux and WTL for middle taiga mire. The low temperature and permafrost impact were discussed.

Methane and carbon dioxide take the central place in problem of the global climatic and environmental change, since are straight connected with the biosphere carbon pools dynamics and human activity. The northern peatlands are considered as a global sink of atmospheric CO₂ and active source of biogenic methane. The mire area in West Siberia is almost 25 – 30% of the global peatlands cover. Estimates of carbon stocks for West Siberian peatlands are in range 50 – 70 Pg C (Sheng et al., 2004; Yefremov, Yefremova, 2001). Nevertheless clear global warming trend and increase of ambient CO₂ concentration may lead to change of the C-balance in the northern regions through melting the permafrost peaty soils and acceleration the decay processes (Billings, 1987; Camill, 1999). In addition, the question, whether peaty soils are sink or source for atmospheric CO₂, is actively debated on the local mire site hierarchy (Alm et al., 1999; Arneth et al., 2002; Borren, 2007). However one should too has the knowledge about C-balance controlling factors in diverse bioclimatic locations and large region.

OBJECTS AND METHODS

The study was carried out in two contrast bioclimatic subzones to find reliable discrepancy of gaseous emission and estimate the permafrost impact. We have used key site approach in the field meas-

urements. The first (southern) key site was situated in middle taiga in 60 km from the city Khanty-Mansiysk (60° 59' N, 70° 10' E). The oligotrophic mire massif was chosen here for the study. Gas flux measurements were made during summer periods in 2004 – 2006 years. Four dominant bog ecosystems (oligotrophic hollow, pine-dwarf shrubs-Sphagnum bog – ryam, ridge-hollow complex and running-water fen), a peatland lake and a small wetland pond were under investigation.

The northern key site was situated in forest tundra subzone with a discontinuous permafrost layer in 20 km from the Pangody (65° 52' N, 74° 58' E). Two types of peat bogs (frozen palsa and oligotrophic hollow) and one secondary thermokarst lake were studied here during two field expeditions in early July and late August 2005.

CO₂ and CH₄ measurements were made by closed dark chamber method with permanently stated collars of 40 × 40 cm in size on the peat soils and floating plexiglass chamber of 60 × 60 cm in size on the lakes and pools. Four samples of chamber headspace air were taken by syringes every 7 min. Carbon dioxide and methane concentrations were analyzed with GC-FID module (Crystal 5000, Russia), served with methanizer. Carbon dioxide data were corrected, using EGM-4 (PP-System, UK) and Testo-435 (Germany) gas analyzers measurements. The intensity of gas emission was calculated from linear regression for

Section 4. Carbon Gas Fluxes of Northern Bogs

the chamber headspace concentration vs. measuring time. In the course of flux measurements the air and peat temperature and water table level were registered.

Estimations of the key site emission were based on the GIS-technique, botanical descriptions of plant communities and peatlands classification.

RESULTS AND DISCUSSION

The measurements on mires of the south key area have revealed high spatial and temporal variability in the carbon dioxide and methane emission. The diversity of the peatland types is a typical particularity of peat-forming process in middle taiga. Inter-annual differences for greenhouse gas flows were not statistically significant, when one compared the average July values. It was an exception of the lower methane emission from the oligotrophic hollows at July 2004 ($25.9 \pm 26.2 \text{ mgCH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, $n = 14$) through the lower rainfall and water table level in peat. In the long run the averaged fluxes of methane and carbon

dioxide were equaled $81.6 \pm 70.1 \text{ mgCH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($n = 190$) and $7.56 \pm 4.23 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($n = 156$) during summer time in 2004 – 2006.

Intensive measurement campaigns were made on the southern key site in summer 2005. Average emissions, observed here, have formed from 18 to $180 \text{ mgCH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ and 5.6 to $11 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ in different mire ecosystems. In the north key site the corresponding flows were vastly below: 8 – $41 \text{ mgCH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ and 4.6 – $5.4 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

There was negative relationship between average fluxes of methane and carbon dioxide: the CO_2 flux was higher, the methane emission was lower and contrary. The wet ecosystems such as fen and hollow had higher rate of methane emission then ryam in south and palsa in north key site (Fig. 1).

In the course of the field measurements the meteorological and ecological factors were registered. Statistically significant relationship for CO_2 flux and water table level was found for northern oligotrophic hollow: $F = 31.172e^{0.1489\text{WTL}}$; $R^2 = 0.85$, $n = 15$. Other significant correlations were not found in the north.

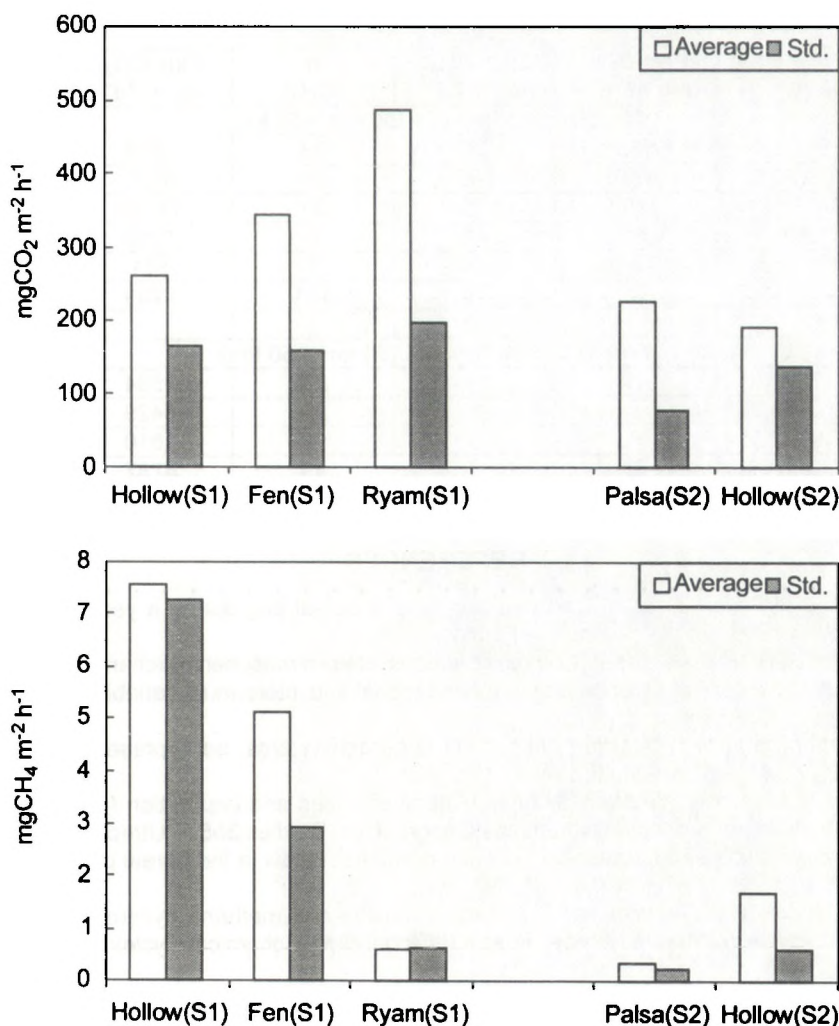


Fig. 1. Averaged CO_2 and CH_4 summer fluxes in the north and south key sites (2005).

Functional links for methane emission rate (F) and water table level (WTL) were also inspected in middle taiga. The stable regressive exponential function of view $F = 7.1066e^{-0.0879WTL}$ ($R^2 = 0.61$, $n = 112$) between ones was found. The searched out relationship was just right for bog massif level and couldn't been prove for separate ecosystems. Strong positive correlation ($r = 0.79$ and $t > t_{0.001}$) was found for total CO_2 flux and air temperature in poor fen. Q_{10} was predictably close to 2.

The results of gas flux measurements in aquatic objects, wetland lakes and pond, have been discussed in the earlier work (Naumov et al., 2006). Here we demonstrate the average area weighted fluxes for the contrast bioclimatic zones (table 1). These data explain functional distance between northern and southern types of mire landscape in West Siberia. The differences were very sharp because of limiting influence of permafrost. Total respiration was almost two times higher in middle taiga key site versus forest tundra mire. And methane emission in south exceeded the north flux little

less threefold. Like so, it is implied the decreasing flux trend toward the north (Naumov, 2004). In comparison with other regions, the searched estimates of carbon dioxide and methane fluxes in middle taiga and forest tundra mires were accordingly in similar range as that in boreal peatlands of Finland (Nykänen et al., 1998) and Russian tundra (Nakano et al., 2000; Heikkinen et al., 2002). The same consistent patterns of greenhouse gas emission were reported for mires in discontinuous permafrost zone in Canada (Turetsky et al., 2002). Evidently, the low temperatures and permafrost are critical factors, decreasing total ecosystem metabolism and limiting the wetland expansion.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was executed under EU-INTAS financial support: project No. 03-51-6294 «The effect of climate change on the pristine peatland ecosystems and (sub)actual carbon balance of the permafrost boundary zone in subarctic Western Siberia (CASUS)».

The area weighted methane and carbon dioxide (total respiration) fluxes on the north and south key sites (n – number of individual chamber measurements)

Ecosystem	Peatland area, ha (%)	Flux CH_4 , $mg\ m^{-2}d^{-1}$	StD. CH_4 , $mg\ m^{-2}d^{-1}$	n (CH_4)	Flux CO_2 , $mg\ m^{-2}d^{-1}$	StD. CO_2 , $mg\ m^{-2}d^{-1}$	n (CO_2)
Middle taiga key site (50 km × 50 km)							
Fen	4318 (3,8)	123	74	33	7898	3595	33
Hollow	29476 (26,0)	180	182	34	5597	3734	33
Ryam	71800 (63,3)	18	30	21	11050	4824	24
Pond	790 (0,7)	41	41	6	1650	903	5
Lake	7097 (6,3)	8	9	7	511	442	7
South flux	113482 (100)	63	70	101	8789	4193	102
St. Er.			13			847	
Forest tundra key site (50 km × 50 km)							
Hollow	64727 (41,9)	41	14	23	4594	3310	16
Palsa	78316 (50,7)	8	6	22	5429	1848	27
Lake	11539 (7,5)	6	3	4	1510	915	4
North flux	154582 (100)	22	9	49	4787	2390	47
St. Er.			2			581	

REFERENCES

1. Alm J., Schulman L., Walden J., et al. Carbon balance of a boreal bog during a year with an exceptionally dry summer // *Ecology*. – 1999. – V. 80. – No. 1. – P. 161 – 174.
2. Ameth A., Kurbatova Ju., Kolle O., et al. Comparative ecosystem-atmosphere exchange of energy and mass in a European Russian and a central Siberian bog II. Interseasonal and interannual variability of CO_2 fluxes // *Tellus*. – 2002. – V. 54B. – P. 514 – 530.
3. Billings W.D. Carbon balance of Alaskan tundra and taiga ecosystems: past, present and future // *Quaternary Science Reviews*. – 1987. – V. 6. – P. 165 – 177.
4. Borren W. Carbon exchange in Western Siberian watershed mires and implication for the greenhouse effect: A spatial temporal modeling approach // *Netherlands Geographical Studies* 355. – Utrecht, 2007. – 128 p.
5. Camill P. Peat accumulation and succession following permafrost thaw in the boreal peatlands of Manitoba, Canada // *Ecoscience*. – 1999. – V. 6. – No. 4. – P. 592 – 602.
6. Heikkinen J.E.P., Elsakov V., Martikainen P.J. Carbon dioxide and methane dynamics and annual carbon balance in tundra wetland in north east Europe, Russia // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2002. – V. 16. – No. 4. – P. 1115 – 1129.
7. Nakano T., Kuniyoshi Sh., Fukuda M. Temporal variation in methane emission from tundra wetlands in a permafrost area, northeastern Siberia // *Atmospheric Environment*. – 2000. – V. 34. – P. 1205 – 1213.
8. Naumov A.V. Carbon budget and emission of greenhouse gases in bog ecosystems of Western Siberia // *Eurasian Soil Science*. – 2004. – V. 37. – No. 1. – P. S58 – S64.

Section 4. Carbon Gas Fluxes of Northern Bogs

9. Naumov A.V., Huttunen J.T., Repo M.E., et al. Shallow lakes as a source of greenhouse gases in taiga and tundra regions of Western Siberia // Problems of sustainable functioning of aquatic and terrestrial ecosystems. Int. Sci. Conf. October 9 – 12, 2006, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2006. – P. 282 – 284.
10. Nykänen H., Alm J., Silvola J., et al. Methane fluxes on boreal peatlands of different fertility and the effect of long-term experimental lowering of the water table on flux rates // Global Biogeochemical Cycles. – 1998. – V. 12. – No. 1. – P. 53 – 69.
11. Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., et al. A high-resolution GIS-based inventory of the west Siberian peat carbon pool // Global Biogeochemical Cycles. – 2004. – V. 18. – P. 1 – 14.
12. Turetsky M.R., Wieder R.K., Vitt D.H. Boreal peatland C fluxes under varying permafrost regimes // Soil Biol. Biochem. – 2002. – V. 34. – P. 907 – 912.
13. Yefremov S.P. and Yefremova T.T. Stocks and forms of deposited carbon and nitrogen in bog ecosystems of West Siberia // West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present: Proc. Intern. Field Symposium, Noyabrsk, August 18 – 22, 2001. – Novosibirsk, 2001. – P. 148 – 151.

МОРФОЛОГИЯ ГАЗОНАКОПЛЕНИЯ В ТОРФЯНЫХ БОЛОТАХ

В.В. Панов

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия

E-mail: vvpanov@tvcom.ru

В работе рассматриваются вопросы аккумуляции газа в торфяной залежи. Области аккумуляции газа совпадают с общей системой механического равновесия торфяного болота. Система равновесия отражает закономерный координированный рост торфяника в разных частях.

Вопрос о газосодержании торфяных отложений является сложным по нескольким причинам. Во-первых – фиксация потоков газа на поверхности болот в значительной степени отражает минерализацию отмершей органической массы, теряющей при торфообразовании до 85 – 90% исходного вещества (Козловская и др., 1978). Потоки газа в верхней части торфяного болота зависят от физико-химических условий, видовых и биологических особенностей сообществ, устойчивости волокон, состава микроценоза, водообмена и др. Приоритет отдается вертикальным связям. По этой причине болото представляется механической суммой точек или участков независимо от мощности торфяных отложений. В целом, торфонакопление рассматривается как линейный пассивный процесс, при котором вода и газ по отношению к твердому веществу торфа относительно свободны.

Движение вещества в торфяно-болотной среде допустимо рассматривать как движение самой среды, в том числе и внутри торфяной залежи, находящейся в непрерывном саморазвитии и динамике подобно многолетним климатическим режимам. Перестройка структуры торфа соответствует изменению физико-химических параметров среды и наоборот. Поэтому при оценке газосодержания в торфяной залежи допустимо привязываться к динамике плотности торфяно-болотной среды, отражающейся во взаимной пространственно-временной динамике и развитии кривизны поверхностей болота и воды. При этом размер поверхности не является абсолютным и зависит от масштаба работ. Для временной оценки кривизны преобладающими являются латеральные связи между участками болота разного ранга. Торфонакопление в каждой точке может рассматриваться как функция развития всего болота или автономного участка, а также как аккумуляция в равной степени воды, газа и торфа.

Во-вторых, при анализе газосодержания в торфяной залежи значительную роль играет использование априорной модели развития болот. Например, если болото – это система, границы которой условны и независимы друг от друга, то и интерпретация измеренных потоков

газа и анализ газонакопления в залежи относительно произвольны, по сути – случайны. В результате связываются процессы внутриболотной газодинамики с типами растительности, рельефа, почв и т.д. Это приводит к унификации количественных параметров газосодержания в зависимости от типа участка, ограничивая анализ полиморфности газосодержания болотных участков одного типа и гомоморфности разных типов.

Если болото принимается как детерминированная система, то анализ газосодержания в ней приобретает черты механической однородности и линейности. Принимая модели торфяных болот в виде газонасыщенных куполов, фактор газодинамики в торфяной залежи рассматривается как «внешнее» воздействие на верхний слой торфяного болота (Фриш, 1978). Под воздействием газов в торфяной залежи происходят разрывы в виде мочажин. Газонакопление рассматривается как самостоятельная система.

Если рассматривать болото как сложную саморегулирующуюся систему, то процессы образования, выделения и аккумуляции газа отражают пространственно-временную динамику болота как механически целого. При механическом уравнивании частей болота процессы газодинамики и аккумуляции газа в торфяной залежи регулируются изменением однородности торфяных отложений. В целом, поверхность болота стремится к окружности, отражающей его механическое равновесие. Неоднородность торфяной залежи отражается в формах рельефа болот и при разных внешних режимах (колебаниях) меняет свой объем в каждой точке болота и при их латеральном взаимодействии приводит механические колебания отдельных участков в систему колебаний болота в целом. Поэтому рост болота – это эволюция плотности залежи, однородный объем которой в каждый момент времени определяется взаимодействием гидравлической и пневматической систем торфяного болота. То есть газосодержание и газовыделение – это функции равновесия и симметрии растущего торфяного болота или его автономного участка.

Section 4. Carbon Gas Fluxes of Northern Bogs

Третья причина – недостаточное развитие прямых методов, фиксирующих динамику и аккумуляцию газа в торфяной залежи. Прежде всего, не учитывается роль морфологии торфяной залежи в аккумуляции газа и ее временная изменчивость.

Анализ барических границ в торфяной залежи, выполненный Я.Я. Гетмановым (1928), показал возможность инструментального анализа газосодержания, но основной акцент его работ был связан с давлением воды в залежи. Нельзя признать удачными методы изучения газосодержания по пористости образцов торфа, извлеченных из залежи и не отражающих макроструктуру залежи. Важные результаты по динамике и аккумуляции газа получены при изуче-

нии всплывания торфа в водохранилищах (Бирюков, Тарунина, 1967; Кот, 1980). Эти данные указывают на принципиальную роль газонакопления в развитии болот и особенности их восстановления. Геофизические методы пока не обладают достаточной точностью, хотя акустические методы позволяют фиксировать в торфяной залежи зоны резкого снижения скоростей волн, что возможно указывает на повышение газосодержания.

Поэтому в настоящее время для оценки газосодержания торфяной залежи в целом могут использоваться косвенные морфологические методы, отражающие структуру торфяной залежи, динамику ее плотности, размера и кривизны ее поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков И.Н., Тарунина Е.Ф. Влияние гидрометеорологических факторов на процесс всплывания торфяной залежи в водохранилищах // *Природа болот и методы их исследования*. – Л.: Наука, 1967. – С. 230 – 232.
2. Гетманов Я.Я. Гидростатическое давление воды в торфе. – М.: Г.И.С.-Х.М., 1928. – 42 с.
3. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л.: Наука, 1978. – 176 с.
4. Корчунов С.С. Исследование физико-механических свойств торфа. – М.: ГЭИ, 1953. – 235 с.
5. Кот Н.А. Всплывание торфа в искусственных водоемах. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 160 с.
6. Фриш В.А. Торфяная тектоника // *Изв. Всес. геогр. общ.* – 1978. – № 2. – С. 108 – 114.

COMPARISON OF BIOMASS AND CARBON-FLUX DATA CONSIDERING THE ROLE OF FUNCTIONAL GROUPS AND SPECIES DIVERSITY IN TWO TYPICAL WEST SIBERIAN PEATLANDS

E. Péli¹, Sz. Czóbel², J. Nagy², N.G. Koronatova³, and N.P. Kosykh³

¹Hungarian Academy of Sciences, Plant Ecology Research Group, Hungary

²Institute of Botany & Ecophysiology, Szent István University, Hungary

³Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS, Novosibirsk, Russia

E-mail: coronat@mail.ru

INTRODUCTION

The peatland ecosystems of the West Siberia has similar in form and floristic composition to the peatlands of Canada and Scandinavia. One of the most typical appearance of local bogs are the ridge-hollow complex (RHC) which consist of wet hollows surrounded by drier ridges. Many flat peatlands have an abundance of *Sphagnum* taxa, like RHC. Boreal and subarctic bogs are locked up vast amount of carbon sequestered from the atmosphere by photosynthesis and not yet released by decomposition. Peatlands are unusual in greenhouse scenarios because on the one hand they sequester the major greenhouse gas, CO₂, from the atmosphere, while on the other hand they emit to it in large quantities both CO₂ and CH₄ (Ötvös & Tuba, 2005).

The main goal of our study was to compare biomass and carbon-flux data considering the role of functional groups and species diversity in two typical West Siberian peatlands.

MATERIALS AND METHODS

Location of sites

The «Ridge-hollow complex» located near Sapsha close to the Khanty-Mansysk – Tobolsk main road (GPS: 60° 58' 232" N, 69° 45' 908" E), while the other field area the «Black bog» (Chernaje bolota) next to Sapsha village (GPS: 61° 3' 667" N, 69° 27' 354" E).

Species composition

Ridge-hollow complex

The ridge dominated by *Sphagnum fuscum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium oxycoccus* close to the surface in addition with two emergent taxa (*Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*).

The lower taxa of the hollows were *Sphagnum balticum* and *Sph. papillosum*, while *Andromeda polifolia* represented the dicots and *Carex limosa* and *Eriophorum sp.* the monocots.

Black bog

The mosaics of this flat and open treeless area were dominated by *Sphagnum angustifolium*, *Sph. obtusum* and *Sph. balticum*. Higher plants (e.g. *Vaccinium oxycoccus*, *Chamaedaphne calyculata*, *Carex aquatilis*, *C. globularis*, *Eriophorum russeoli*, *E. vaginatum*) were sparsely represented and less abundant.

Biomass measurements

In order to estimate the phytomass, we set up sample plots (100 m²) on each study site. From each plot, 5 samples were taken. The phytomass of herbs, shrubs and dwarf shrubs was clipped above the surface of mosses from quadrates of 0.25 m². Stems, stem bases, rhizomes, roots of herbs, sedges, herbs, shrubs, and dwarf shrubs located below the clipping plane, were considered below-ground phytomass. We took the living bryophytes below the clipping line as contributing to above-ground phytomass. We took other samples (1 dm³) to measure the phytomass of bryophytes in the above-ground layer and below-ground phytomass. On the same quadrats where above-ground phytomass was clipped, we sampled below-ground phytomass in 10-cm depth increments to 30 cm below the moss surface. All fresh samples were sorted into the appropriate fractions and dried.

Flux measurements

Stand Net Ecosystem Exchange (NEE) measurements of CO₂-fluxes, evapotranspiration rate and parallel with the micrometeorological variables (e.g. air temperature, photosynthetically active radiation, relative humidity) were carried out seasonally in each site using a portable infrared gas analyzer (IRGA) operating as an open system (CIRAS-2, PP Systems, Hitchin, UK) and a round shape UV-B resistant water-clean perspex-chamber with a diameter of 30 cm, according to Czóbel *et al.* 2005 and Juhász *et al.* 2005. The air was blown through the chamber by two outer fans using constant flow rate of 2.11 m/s.

RESULTS

Our study demonstrated one of the first separated results for stand Net Ecosystem Exchange (NEE) rates for ridge and hollow vegetation, as two characteristic Western Siberian peatland formations. Both biomass (Fig. 1.) and NEE (Fig 2.) data show that the ridge has higher CO₂ sequestration capacity than the hollow. In case of biomass the mentioned fact is true for both above and below ground parts. The yearly below ground primary production of the examined hollows was very similar despite the observed differences in species composition, location, micrometeorological conditions etc.

The ratio of functional groups (Table) can partly explain the measured differences between the ridge and hollow (Fig. 2.). Only the examined ridge patches contained dicots which have higher photosynthetic activity due to their greater leaf area. Physiological activity of monocots not interfered significantly the CO₂ uptake during the measuring period.

The comparison of the main functional groups (dwarf shrubs, green mosses, peat mosses) shows, that the dwarf shrubs having considerable photosynthetically active leaf area and photosynthetic pigments thus they have higher CO₂ uptake potential than the *Sphagnum* taxa, calculated for the same unit of ground area (Table). Independently from the dominant species of the measured small ecosystem patches a positive correlation was found between the photosynthetic activity and the photosynthetically active radiation (PAR) (Juhász et al., 2002). The mean air temperature was similar (ranged only in a small interval) in each stand during the measurements. Data show that increased temperature (about 30°C or more) could effect strongly and negatively the stand photosynthetic activity by decreasing the NEE significantly.

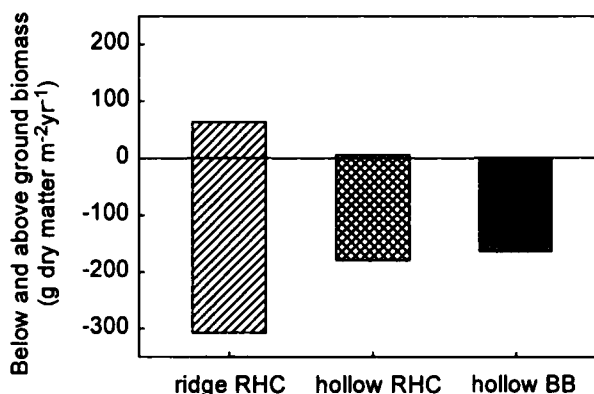


Fig. 1. Comparison of yearly biomass production of different West-Central Siberian bogs (at Black bog only below ground data were measured).

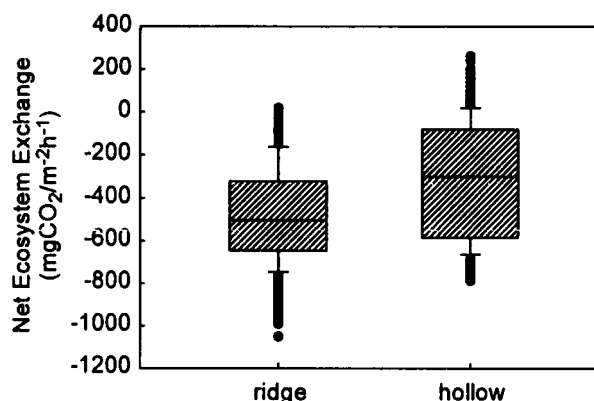


Fig. 2. Effects of micro-relief, species composition and participation of functional groups to the mean NEE in the ridge-hollow complex.

Higher Shannon Diversity not followed by higher carbon sequestration, even if the diversity differed significantly (Fig. 3.). Out of compared patches higher radiation (plot 2) caused the differences in NEE values (Fig. 3, Table).

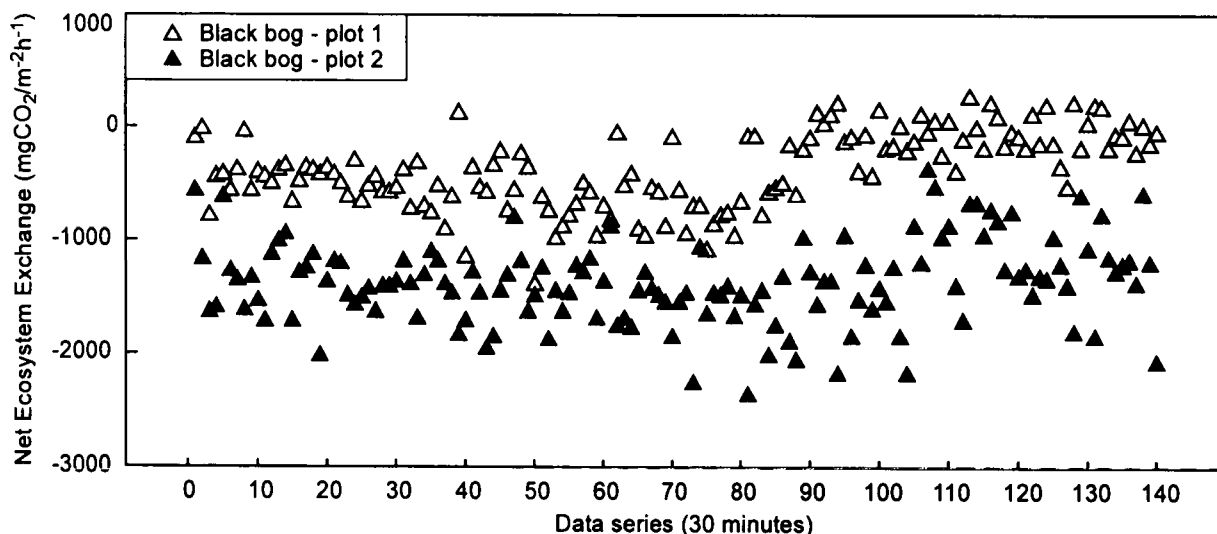


Fig. 3. Comparison of NEE values of ecosystem patches characterized by significantly different ($P < 0.05$) Shannon Diversity values (Plot indicated with odd number has higher mean diversity).

Comparison of net ecosystem CO₂ fluxes and distribution of taxonomical units in bog ecosystems considering the micrometeorological parameters and evapotranspiration rates

Name and No. of stand	NEE (mgCO ₂ ·m ⁻² ·h ⁻¹)	PAR (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	Tair (°C)	E (transp.) (μmolH ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Cover of functional groups (taxonomical units) (%)
Ridge-hollow complex – plot 1	-290,28±161,32	1537,2±370,3	30,2±0,5	2,363±0,582	Sphagnum sp. – 94 Monocots – 4.1 Dicots – 1
Ridge-hollow complex – plot 2	-609,37±64,75	296,0±25,5	27,0±0,6	1,203±0,435	Sphagnum sp. – 96 Monocots – 0 Dicots – 4
Black bog – plot 1	-263,45±328,19	350,5±38,0	24,5±0,8	1,864±0,562	Sphagnum sp. – 68 Monocots – 12 Dicots – 20
Black bog – plot 2	-1294,44±388,32	1279,3±308,5	27,8±1,6	1,906±0,819	Sphagnum sp. – 80 Monocots – 0 Dicots – 20

Better understanding of climatic drivers, functional groups and stand physiological activity (including C-fluxes) require much more investigations over a wide range of peatland environments.

ABBREVIATIONS

BB – Black bog, E – evapotranspiration, NEE – Net Ecosystem Exchange, PAR – Photosynthetically Active Radiation, RHC – Ridge-hollow complex.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Russian and Hungarian Academy of Sciences (within the frame of a bilateral cooperation, project No. 2005-2007/39), NKFP6-00079/2005, GVOP 3.1.1-05-0358/3.0 projects. This work is also related to CARBOEUROPE-IP (GOCE-CT-2003-50-5572) and NITROEUROPE-IP 017841-2 projects.

REFERENCES

1. Czóbel Sz., Fóti Sz., Balogh J., et al. Chamber series and space-scale analysis in grassland vegetation. A novel approach // *Photosynthetica*. – 2005. – V. 43(2). – P. 267 – 272.
2. Gorham E. Northern Peatlands: Role in the Carbon Cycle and Probable Responses to Climatic Warming // *Ecological Applications*. – 1991. – V. 1. – P. 182 – 195.
3. Juhász A., Balogh J., Csintalan Zs., and Tuba Z. Carbon sequestration of the poikilohydric moss carpet vegetation in semidesert sandy grassland ecosystem // *Acta Biologica Szegediensis*. – 2002. – V. 46. – P. 223 – 225.
4. Juhász A., Balogh J., Csintalan Zs., and Tuba Z. The influence of the water content on the photosynthetic features and carbon balance of the poikilohydric moss carpet vegetation // *Cer. Res. Com.* – 2005. – V. 33. – P. 235 – 237.
5. Koronatova N.G., Kosykh N.P., Czóbel Sz., et al. Some parameters of C turnover in ryam ecosystem in forest-steppe zone of Western Siberia /in Russian with English summary // *Proc. of the 5th Mire & Biosphere Scientific School (Tomsk, Russia, September 2006)*. – Tomsk, 2006. – P. 215 – 221.
6. Ötvös E., Tuba Z. Ecophysiology of mosses under elevated air CO₂ concentration: Overview // *Physiol. Mol. Biol. Plants*. – 2005. – V. 11. – P. 65 – 70.

WEST SIBERIAN WETLAND TYPOLOGY MAP FOR TRACE GAS FLUX AND BIOMASS INVENTORIES

A. Peregon^{1,2}, S. Maksyutov², and T. Volosnikova³

- ¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia
E-mail: peregon@issa.nsc.ru
² National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan
E-mail: anna.peregon@nies.go.jp
³ West Siberian Forest Survey, Novosibirsk, Russia

Inventories of the wetland area in western Siberia have been produced in order to compile the inventory maps of NPP/biomass, soil respiration and greenhouse gases at regional scale. Multi-scale approach of sequential analysis utilizing the paper-based Wetland typology map, satellite images with middle resolution, and airborne/satellite images at large scale was used to obtain the detailed wetland classification. This approach allows us to scale up the ground-survey data obtained at different micro-landscapes on patterned wetlands.

Inventories of the wetland area in western Siberia (WS) are required to compile the inventory maps of NPP/biomass, soil respiration and greenhouse gases at regional scale. In such maps, field observations are scaled up in order to represent an average value for a particular site of wetland. There is no data on fractional area coverage per wetland type estimated for patterned wetlands in WS although this information is critical for scaling up the ground-survey data.

Regional scale inventory of the wetland area in western Siberia (i.e. digital vector map, ranged by wetland types according to the climatic gradient in WS) have been produced by

digitizing the paper-based «Wetland typology map» (1:2,500,000) created by Russian Hydrological project in 1970's. It has been done in MapInfo 6.5 using the «Topography map of the Russian Federation» at a scale of 1:1,000,000 for georeferencing. Obviously, this procedure is prone to errors due to use of hardcopy products and manual digitization, although the planimetric errors were estimated to be no more than 40 – 50 m. There are 20 wetland types and complexes segregated for the whole WS-territory. The area coverage by each wetland type (in m²) and its contribution to the total wetland area (%) are shown in Table 1.

Table 1
Wetland areas on the «Wetland typology map of western Siberia», 1:2.5M scale

Nº	Wetland type	Area, m ²	% of area
1	2	3	4
A. Excessive moistening zone			
I. Poligonal oligotrophic and meso-eutrophic mires			
1	Polygonal-roller and polygonal-fissure (grass-sedge-mosses and shrub-Sphagnum-lichen) mires	39 676 306 979,49	5.8
2	Polygonal mires combined with grass and grass-mosses mires	20 347 717 921,04	2.9
II. Flat palsa oligotrophic- and oligo-mesotrophic mires			
3	Patterned (hollow and hollow-pool) flat palsa bogs (shrub-brown moss-lichen cover on the palsa; sedge-mosses and Eriophorum-mosses in hollows)	62 388 471 846,97	9.0
4	Flat palsa and high palsa bogs	14 842 435 125,04	2.2
5	Shrub-dominated tussock mires	18 741 474 188,16	2.7
III. High palsa oligo-mesotrophic and oligo-eutrophic mires			
6	High palsa-hollow and -pool-hollow patterned mires (shrubs, Sphagnum and lichens on the palsa; sedge-brown mosses and sedge-Eriophorum-Sphagnum in hollows)	23 458 613 563,31	3.4
7	High palsa and flat palsa mires	6 718 881 658,36	1.0
IV. Ombrotrophic (Sphagnum) raised mires			
8	Sphagnum-dominated bogs with pools and open stand of trees (Sphagnum-shrubs and lichen-shrubs with Pine and Cedar)	144 985 835 235,16	21.2

ХАРАКТЕРНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОТОКОВ МЕТАНА ИЗ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.А. Шнырев, М.В. Глаголев

Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: o_ruhovich@mail.ru

В работе суммированы собственные и литературные данные по многочисленным измерениям эмиссии CH₄ на территории Западной Сибири в различных гидротермических условиях и на болотах различных типов. Статистическая обработка всего массива данных позволила получить относительно надежные оценки характерных потоков для отдельных природных зон и конкретных биогеоценозов.

В 2003 – 2006 гг. нами проводились измерения на верховых, переходных, низинных болотах в средней и южной тайге Западной Сибири. Изученные объекты были подробно описаны ранее другими авторами: Томское Приобье – в (Лапшина, 1987), Прикетье – см., например, в (Базанов, 1988), болота Восточного Васюганья – в (Lapshina et al., 2000); ландшафтный профиль р. Ключ – в (Головацкая,

2004). Полевые измерения выполнялись при помощи камерно-статического метода (Глаголев, Шнырев, 2007).

Результаты суммированы в таблице. Поскольку нам не известны какие-либо измерения эмиссии CH₄ в тундре и лесотундре Западной Сибири, то мы сочли возможным привести данные, полученные близ западной границы этого региона.

Зона или подзона	БГЦ*	Микрорельеф	Поток CH ₄ , мгС/м ² /час		Источник данных
			F**	Err	
Южная тундра	Торфяные бугры		-0,07 ^м (3)	-0,17/-0,03	Собственные данные за 2003 г.; Слободкин с соавт., 1992
	ОВ	кочка	0,32 ^м (4)	0,02/1,46	
	ОВ	межкочье	1,9 ^м (5)	1,5/3,0	
Лесотундра	ОВ	не выделяли	0,29 ^а (2)	0,38	Собственные данные за 2003 г.
Северная тайга	ОВ	не выделяли	0,62 ^м (9)	0,42/0,83	Naumov, 2001
	RC	гряда	0,00 ^м (6)	0,00/0,65	
	RC	мочажина	0,86 ^м (9)	0,50/0,95	
	Торфяные бугры		0,00 ^м (10)	-0,16/0,01	
Средняя тайга	ОВ	кочка	1,44 ^а (2)	1,08	Собственные данные за 2006 г.
	ОВ	межкочье	2,3 ^м (4)	1,9/2,6	
	RC	гряда	0,56 ^а (2)	0,42	
	RC	мочажина	1,43 ^а (2)	1,03	
	RY	не выделяли	0,31 ^м (10)	0,12/0,63	
Южная тайга	ОВ	не выделяли	7,61 ^м (671)	3,62/13,82	Собственные данные за 2003 – 2006 гг.
	RC		2,24 ^м (105)	1,33/3,42	
	RY		1,10 ^м (43)	0,03/2,92	
	WF		0,21 ^м (7)	0,05/0,61	

Примечание: * ОВ – открытое болото, RC – грядово-мочажинный комплекс, RY – рям, WF – заболоченный лес; ** а – взвешенное среднее (вес обратно пропорционален квадрату погрешности измерения, в поле E_{гр} указано взвешенное стандартное отклонение), m – медиана (в поле E_{гр} указаны нижний/верхний квартили); в поле F в скобках указано количество измерений).

Величина эмиссии, конечно, сильно зависит от гидротермических условий. Так, все потоки, измеренные в Средней и Южной тайге, были разбиты нами на четыре условных класса по температуре (Т) и уровню стояния воды (УБВ): «умеренные Т – высокий УБВ», «высокие Т – высокий УБВ»; «умеренные Т – низкий УБВ», «высокие Т – низкий УБВ»). На рис. 1 показаны распределения потоков этих классов. При умеренных температурах и глубоком стоянии УБВ наиболее вероятны оказались нулевые потоки,

а при высоких Т и УБВ близ поверхности почвы наиболее вероятное значение потока было существенно больше ($3,35 \text{ мгС/м}^2 \text{ в час}$), поскольку оптимальными условиями для метаногенеза являются высокие температуры и полностью анаэробные условия (понятно, что чем ближе УБВ к поверхности почвы, тем толще слой почвы, где достигается анаэробизис). При отклонении одного из параметров от оптимальных значений наиболее вероятные значения потока снижались.

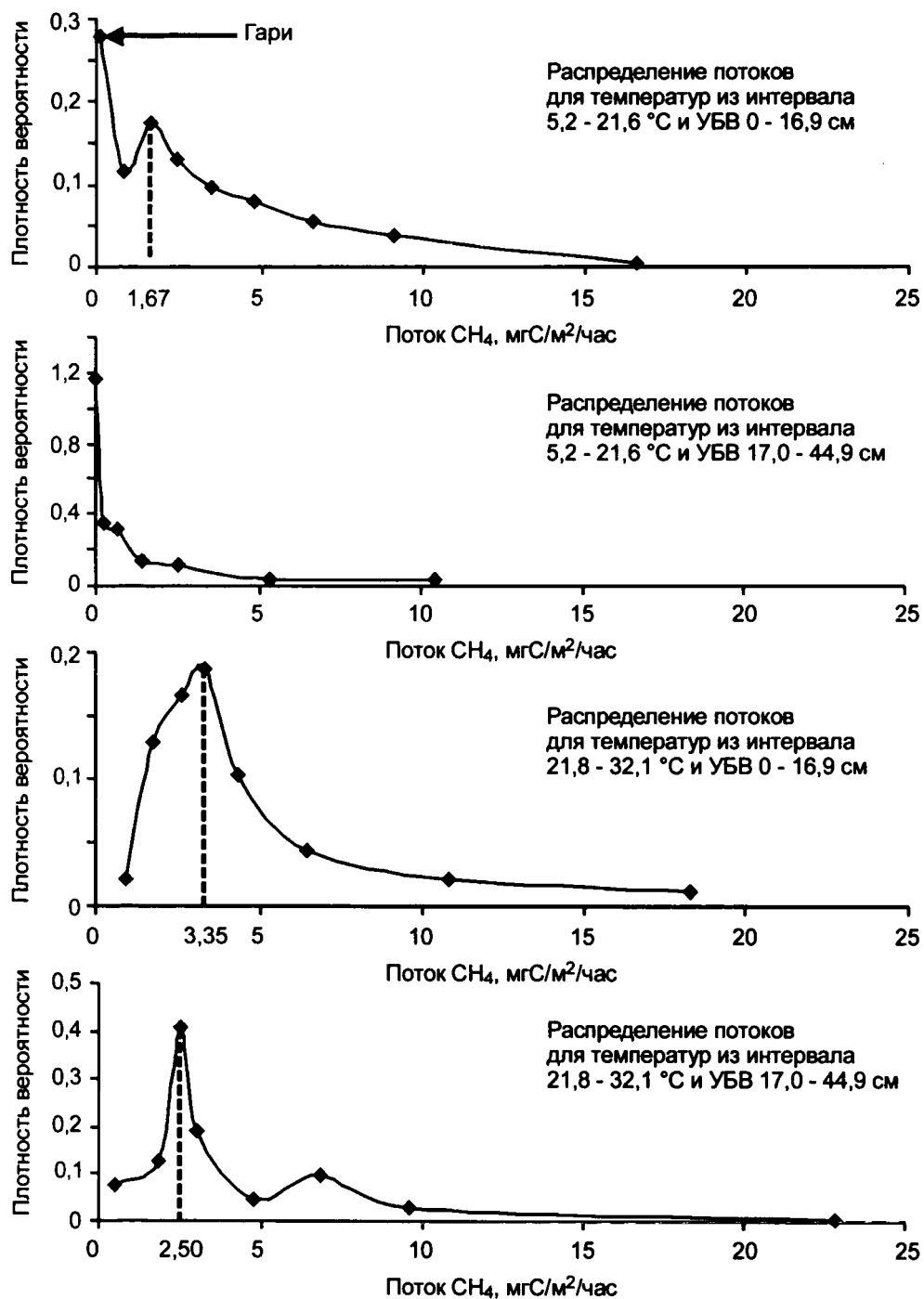


Рис. 1. Распределение потоков метана для различных интервалов температур и УБВ

ХАРАКТЕРНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОТОКОВ МЕТАНА ИЗ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.А. Шнырев, М.В. Глаголев

Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: o_ruhovich@mail.ru

В работе суммированы собственные и литературные данные по многочисленным измерениям эмиссии CH₄ на территории Западной Сибири в различных гидротермических условиях и на болотах различных типов. Статистическая обработка всего массива данных позволила получить относительно надежные оценки характерных потоков для отдельных природных зон и конкретных биогеоценозов.

В 2003 – 2006 гг. нами проводились измерения на верховых, переходных, низинных болотах в средней и южной тайге Западной Сибири. Изученные объекты были подробно описаны ранее другими авторами: Томское Приобье – в (Лапшина, 1987), Прикетье – см., например, в (Базанов, 1988), болота Восточного Васюганья – в (Lapshina et al., 2000); ландшафтный профиль р. Ключ – в (Головацкая,

2004). Полевые измерения выполнялись при помощи камерно-статического метода (Глаголев, Шнырев, 2007).

Результаты суммированы в таблице. Поскольку нам не известны какие-либо измерения эмиссии CH₄ в тундре и лесотундре Западной Сибири, то мы сочли возможным привести данные, полученные близ западной границы этого региона.

Зона или подзона	БГЦ*	Микрорельеф	Поток CH ₄ , мгС/м ² /час		Источник данных
			F**	E _{гр}	
Южная тундра	Торфяные бугры		-0,07 ^м (3)	-0,17/-0,03	Собственные данные за 2003 г.; Слободкин с соавт., 1992
	ОВ	кочка	0,32 ^м (4)	0,02/1,46	
	ОВ	межкочье	1,9 ^м (5)	1,5/3,0	
Лесотундра	ОВ	не выделяли	0,29 ^а (2)	0,38	Собственные данные за 2003 г.
Северная тайга	ОВ	не выделяли	0,62 ^м (9)	0,42/0,83	Naumov, 2001
	RC	гряда	0,00 ^м (6)	0,00/0,65	
	RC	мочажина	0,86 ^м (9)	0,50/0,95	
	Торфяные бугры		0,00 ^м (10)	-0,16/0,01	
Средняя тайга	ОВ	кочка	1,44 ^а (2)	1,08	Собственные данные за 2006 г.
	ОВ	межкочье	2,3 ^м (4)	1,9/2,6	
	RC	гряда	0,56 ^а (2)	0,42	
	RC	мочажина	1,43 ^а (2)	1,03	
	RY	не выделяли	0,31 ^м (10)	0,12/0,63	
Южная тайга	ОВ	не выделяли	7,61 ^м (671)	3,62/13,82	Собственные данные за 2003 – 2006 гг.
	RC		2,24 ^м (105)	1,33/3,42	
	RY		1,10 ^м (43)	0,03/2,92	
	WF		0,21 ^м (7)	0,05/0,61	

Примечание: * ОВ – открытое болото, RC – грядово-мочажинный комплекс, RY – рям, WF – заболоченный лес; ** а – взвешенное среднее (вес обратно пропорционален квадрату погрешности измерения, в поле E_{гр} указано взвешенное стандартное отклонение), m – медиана (в поле E_{гр} указаны нижний/верхний квартили); в поле F в скобках указано количество измерений).

Section 4. Carbon Gas Fluxes of Northern Bogs

Величина эмиссии, конечно, сильно зависит от гидротермических условий. Так, все потоки, измеренные в Средней и Южной тайге, были разбиты нами на четыре условных класса по температуре (Т) и уровню стояния воды (УБВ): «умеренные Т – высокий УБВ», «высокие Т – высокий УБВ»; «умеренные Т – низкий УБВ», «высокие Т – низкий УБВ»). На рис. 1 показаны распределения потоков этих классов. При умеренных температурах и глубоком стоянии УБВ наиболее вероятны оказались нулевые потоки,

а при высоких Т и УБВ близ поверхности почвы наиболее вероятное значение потока было существенно больше ($3,35 \text{ мгС/м}^2 \text{ в час}$), поскольку оптимальными условиями для метаногенеза являются высокие температуры и полностью анаэробные условия (понятно, что чем ближе УБВ к поверхности почвы, тем толще слой почвы, где достигается анаэробизис). При отклонении одного из параметров от оптимальных значений наиболее вероятные значения потока снижались.

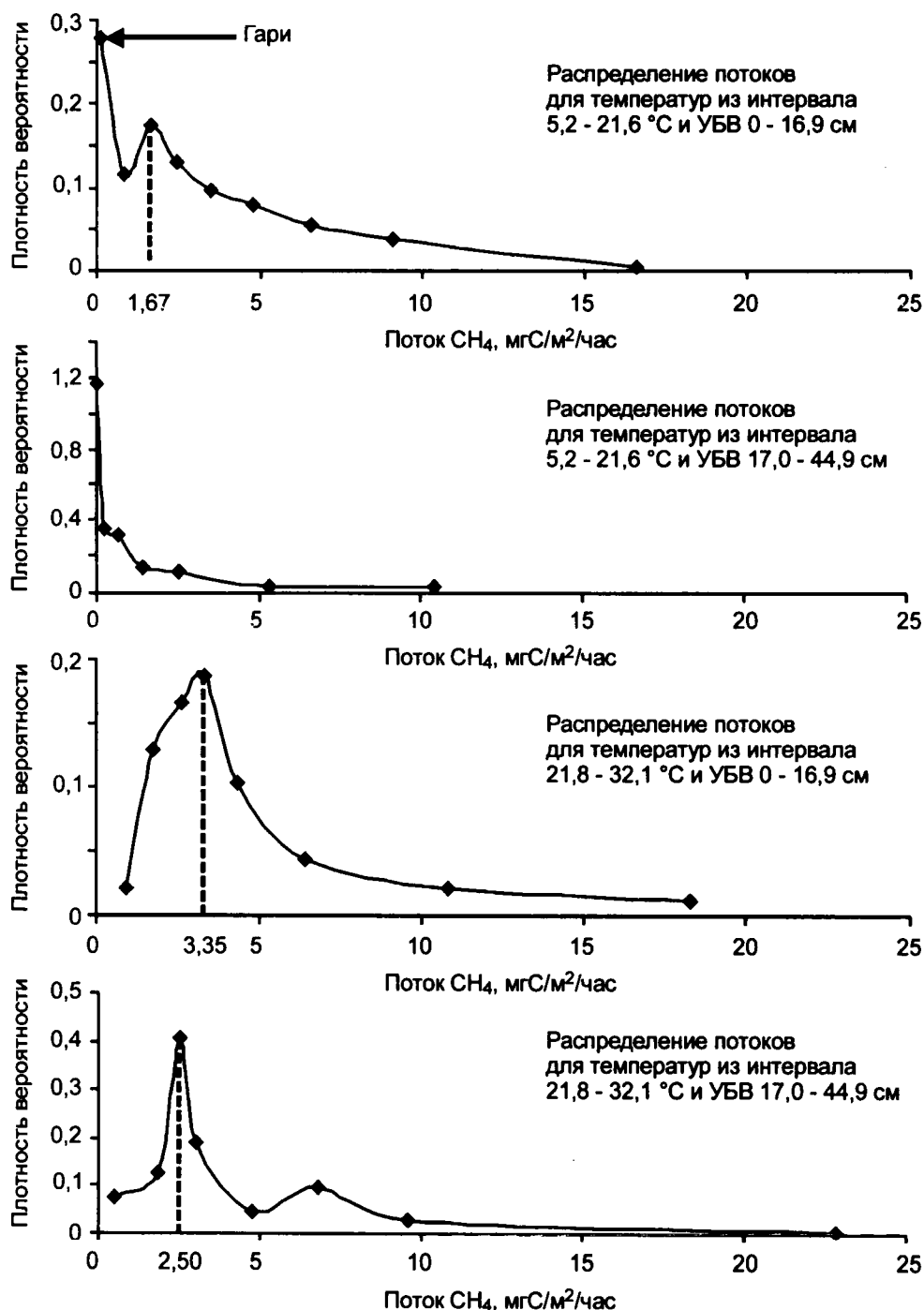


Рис. 1. Распределение потоков метана для различных интервалов температур и УБВ

На рис. 2 представлены средние значения потоков в 2003 – 2006 гг. на ряде объектов, находящихся на расстоянии десятков километров друг от друга (т.е. примерно в одних и тех же климатических условиях). Из рисунка видно, что

изменение среднесезонной эмиссии происходило на разных объектах синхронно (за одним необъяснимым исключением – чем больше была эмиссия на Карагайском болоте, тем меньше – на всех остальных).

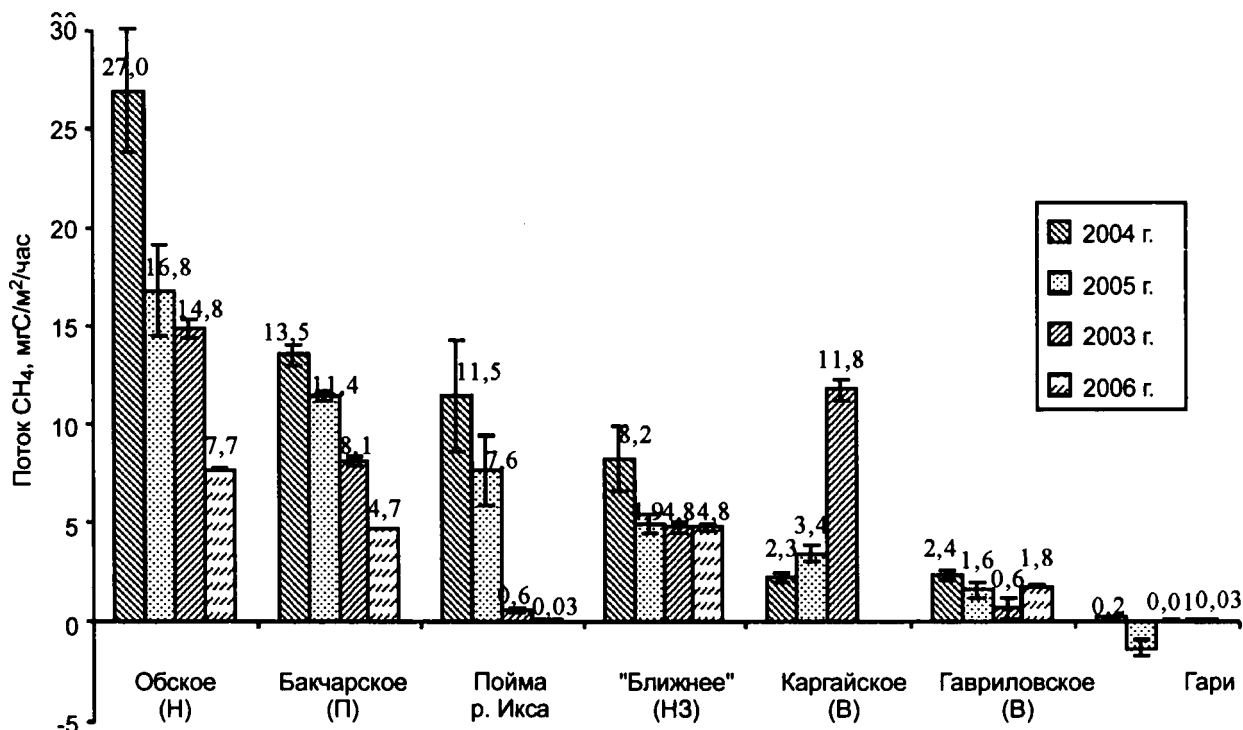


Рис. 2. Динамика потока CH_4 на некоторых болотах южной тайги по данным 2003 – 2006 гг. (Н – низинное пойменное болото, НЗ – молодое низинное старичное болото, П – переходное, В – верховое)

Исследования были поддержаны грантами ЮНЕП/ГЭФ: «Комплексное управление экосистемами торфяных болот для сохранения биоразнообразия и стабильности климата» (GF/2740-03*4650; PMS: GF/1030-03-01) проекта по сохранению торфяных болот России Российской программы Международного бюро

по сохранению водно-болотных угодий (Wetlands International); также авторы хотели бы выразить глубокую благодарность к.ф.-м.н. Ш.Ш. Максюткову, оказавшему неоценимую помощь в планировании и проведении части исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базанов В.А. Структура болот кетско-чулымского междуречья: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Томск, 1988.
2. Глаголев М.В., Шнырев Н.А. Динамика летне-осенней эмиссии CH_4 естественными болотами (на примере юга Томской области) // Вест. МГУ, сер. почвовед. – 2007. – № 1. – С. 8 – 15.
3. Головацкая Е.А. Болотные биогеоценозы Западной Сибири // Болота и биосфера: Материалы 3-й научной школы (13 – 16 сентября 2004 г.). – Томск: ЦНТИ, 2004. – С. 91 – 99.
4. Лапшина Е.Д. Структура и динамика болот поймы реки Оби (на юге Томской области): Автореф. дис. канд. биол. наук. – Томск, 1987.
5. Слободкин А.И., Паников Н.С., Заварзин Г.А. Образование и потребление метана микроорганизмами в болотах тундры и средней тайги // Микробиология. – 1992. – Т. 61. – Вып. 4. – С. 683 – 691.
6. Lapshina E.D., Pologova N.N., Mouldiyarov E.Ya., et al. Watershed Peatlands in South Taiga Zone of West Siberia // Eighth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999. – Tsukuba: Isebu, 2000. – P. 121 – 128.
7. Naumov A.V. Emission of CH_4 and CO_2 in connection with temperature conditions of peat bog soils in the northern taiga subzone // Материалы Международного полевого симпозиума «Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее» (г. Ноябрьск, 18 – 22 августа 2001 г.). – Новосибирск: Агентство Сибпринт, 2001. – С. 110 – 112.

Section 5

**Estimation of Human Activities
Related to Oil-and-Gas Production
and Modern Recultivation/
Remediation Technologies**

**Оценка антропогенного
воздействия нефтегазового
комплекса на болота
и современные технологии
их рекультивации**

**West Siberian Peatlands
and Carbon Cycle:
Past and Present**

**Proceedings of the Second
International Field Symposium,
Khanty-Mansiysk,
August 24 – September 2, 2007**

СОХРАНЕНИЕ БОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «КОНДИНСКИЕ ОЗЕРА» В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ОСВОЕНИЕ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Т.Л. Беспалова¹, Н.Н. Коротких²

¹ Учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Россия
«Природный парк «Кондинские озера»»

² Тюменский государственный университет, Россия

На территории природного парка «Кондинские озера», расположенного в Советском районе ХМАО-Югры с 2000 г. ведутся работы по обустройству и освоению Тальникового месторождения нефти, лицензионный участок которого частично совпадает с северо-восточным сектором территории природного парка.

Разработка месторождения производится нефтедобывающим предприятием ТПП «Урайнефтегаз» (ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь»). За период 2000 – 2007 гг. введено в эксплуатацию 112 скважин, обустроено 14 кустовых площадок. Площадь земель под объектами Тальникового месторождения согласно проекту составляет 304,33 га (0,6% территории природного парка).

Для недопущения деградации экосистем утверждены особые условия освоения Тальникового месторождения нефти, предусматривающие применение природосберегающих технологий, проведение геологоразведочных и нефтедобывающих работ с учетом особенностей установленного природоохранного режима.

Территория природного парка «Кондинские озера» значительно заболочена: болота занимают 50,5%. Характерные для таежной зоны Западной Сибири обширные водораздельные олиготрофные болота представлены на территории природного парка лишь одним крупным болотным массивом, занимающим плоский водораздел между р. Б. Ах и водосборными бассейнами озер Ранге-Тур и Пон-Тур. Многочисленные небольшие и средних размеров олиготрофные болота встречаются в неглубоких депрессиях и на плоских поверхностях локальных водоразделов. Преимущественно болота развиваются в межгрядных понижениях и вытянутых депрессиях рельефа. В центре таких болотных массивов зачастую имеется водоток или проточная топь. Это приводит к тому, что при сравнительно бедных условиях минерального питания на таких болотах формируется мезоолиготрофная или даже мезотрофная рас-

тительность. Олиготрофная растительность на таких болотах развивается преимущественно по периферии. Обширные мезотрофные топи выклинивания грунтовых вод являются характерными элементами переходных и верховых болот территории. В периодически подтапливаемых и заливаемых полыми водами долинах малых рек и прибрежной полосе озер формируются осоково-сфагновые березовые мелколесья и осоково-болотнотравно-сфагновые лесные болота – согры.

Наибольшее техногенное воздействие на болотные комплексы в пределах Тальникового лицензионного участка оказывают строительство автодорог и водозабор из куртамышского пресноводного горизонта для поддержания пластового давления (ППД).

При строительстве внутрипромысловых дорог на заболоченных участках происходит уплотнение торфа, вследствие чего резко изменяются фильтрационные свойства торфяной залежи, особенно в верхней ее части, представляющей плохо разложившимися и хорошо фильтрующими торфами, нарушается естественный режим стока грунтовых вод, происходит образование подпора, гибель древостоя и изменение структуры травяно-кустарничкового яруса. Особенно это актуально для сосняков сфагновых на приграничных с болотами участках суши и рямовых (сосново-кустарничково-сфагновых) болот. Общая площадь прогнозируемых подтапливаемых территорий в пределах Тальникового лицензионного участка составит 128 га.

В мае 2006 г. специалистами природного парка «Кондинские озера» и ТПП «Урайнефтегаз» было проведено совместное обследование внутрипромысловых дорог, в результате которого отмечено нарушение гидрологического режима болот на участках протяженностью около 12 км. Была проведена работа по дополнительной укладке 11 водопропускных труб и переукладке 21 ранее уложенной трубы в по-

лотно автодороги. В результате проведенных работ выявленное подтопление полностью ликвидировано.

Эксплуатация куртамышского водоносного горизонта для ППД на Тальниковом месторождении начата в сентябре 2004 г. Поскольку отбор воды куртамышского горизонта приведет к формированию воронки депрессии радиусом предположительно до 10 км, что вызовет падение уровня грунтовых вод на этом участке, осушению болот, изменению растительных комплексов, в 2005 г. был организован гидрогеологический и геоботанический мониторинг состояния экосистем в пределах влияния водозабора.

По результатам анализа динамики уровней подземных вод на наблюдательных гидрологических скважинах следует, что за два года влияние водозабора куртамышских вод распространилось до расстояния более 500 м.

С целью мониторинга влияния на растительный покров использования куртамышского горизонта для ППД в 2005 г. организован геоботанический мониторинг на пяти постоянных пробных площадях (ГППП). Пробные площади заложены в пределах предполагаемой воронки депрессии таким образом, что они формируют экологический ряд по градиенту увлажнения.

За двухлетний период на пробных площадях, заложенных в лесных сообществах, изменений в структуре фитоценоза и состоянии древесного, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов не выявлено, поскольку в лесных экосистемах из-за длительного жизненного цикла деревьев обратные связи срабатывают не быстро и проявляется эффект запоздывания.

Для болотных экосистем характерна быстрая реакция на изменяющиеся гидрологические условия. На пробных площадях, приуроченных

к болотным фитоценозам, увеличились размеры гряд и уменьшились размеры мочажин, выявлено общее изменение соотношения видов по их участию в проективном покрытии травяно-кустарничкового яруса в сторону более мезо- и ксерофильных. В мохово-лишайниковом ярусе значительно повысилась встречаемость и проективное покрытие лишайников. В связи с уменьшением переувлажнения повысилась жизненность деревьев, увеличилась высота древостоя и количество всходов. Отмечено снижение уровня болотных вод и сокращение площади участков открытой водной поверхности.

Таким образом, проведенные геоботанические мониторинговые исследования позволили выявить реакцию различных типов болотных сообществ на изменение гидрологических условий, как следствие формирования воронки депрессии в результате водозабора из куртамышского горизонта.

По состоянию на 2006 г. отмеченные изменения не носят катастрофического характера и при снятии техногенного влияния возможен возврат экосистем к стабильному естественному состоянию. Однако при нарастании изменения уровня режима болотных вод возможна деградация болотных комплексов.

Для снижения техногенного воздействия на болотные экосистемы, находящиеся в зоне влияния формирующейся воронки депрессии, подготовлены и согласованы с ТПП «Урайнефтегаз» рекомендации по частичному переходу на использование подтоварных вод для целей ППД и снижения объема использования вод куртамышского горизонта. Кроме того, мониторинг влияния водозабора на прилегающие растительные сообщества в 2007 г. будет продолжен со значительным расширением сети пробных площадей.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ВОДЕ И ПОЧВЕ

Т.И. Бурмистрова, Т.П. Алексеева, Н.Н. Терещенко, Л.Д. Стахина

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО РАСХН, Томск, Россия

E-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru

В работе приведены данные по исследованию эффективности мелиоранта и сорбента на основе торфа при ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве.

Загрязнение природной среды нефтью и нефтепродуктами в районах нефтедобычи и транспорта нефти является серьезной экологической проблемой.

Цель настоящей работы – получение экологически чистого мелиоранта и сорбента на основе торфа для ликвидации последствий нефтяного загрязнения почвенной и водной поверхности.

Торф вследствие своей структуры и наличия углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) может служить как сорбентом нефтяных углеводородов, так и их деструктором.

Сорбционная емкость торфа по отношению к нефти зависит от степени разложения и для верховых торфов составляет 8 – 10, для низинных 2 – 4 г нефти / 1 г возд. сухого торфа. Численность УОМ в торфах превышает аналогичный показатель для почв (Алексеева и др., 1998).

Исследована эффективность торфяного мелиоранта, полученного из низинного торфа месторождения «Сингапай» при рекультивации нефтезагрязненных почв в производственном опыте на территории Усть-Балыкского нефтяного месторождения ХМАО.

Для проведения опыта выбраны участки почвы с различным исходным уровнем загрязнения нефтяными углеводородами (табл. 1).

Эффективность торфяного мелиоранта оценивалась степенью деструкции нефтяных углеводородов и динамикой численности УОМ.

Во всех рассматриваемых вариантах за время проведения опыта (3,5 весенне-летних месяца) прошла деструкция нефтяных углеводородов с различной интенсивностью (табл. 1). Самая высокая степень очистки отмечена в варианте 4 с исходно низким уровнем нефтяного загрязнения – 88%, самая низкая (55%) – в варианте 3 с исходно высоким уровнем нефтяного загрязнения. В контрольном же варианте без использования мелиоранта степень очистки за этот период составила всего 4%.

Анализ изменений, произошедших в составе парафино-нафтенных углеводородов, выделенных из нефтяных образцов рассматриваемых вариантов опыта, позволяет получить дополнительную характеристику эффективности торфяного мелиоранта. С этой целью использован коэффициент K_i , характеризующий интенсивность биохимических преобразований нефти. В отличие от контрольного варианта без

Таблица 1

Изменения, произошедшие с нефтью под воздействием торфяного мелиоранта

Вариант	Сроки наблюдений	Содержание нефти, г/кг		Степень очистки, %	Углеводородный индекс (K_i)	
		Весовой анализ	ИК-спектрометрический		исходный	конечный
Контроль	начало опыта	120,0	115,25			
	спустя 3,5 мес.	115,0	110,3	4	0,67	0,7
1	начало опыта	121,35	93,04			
	спустя 3,5 мес.	45,5	35,56	65	0,67	2,08
2	начало опыта	134,9	143,79			
	спустя 3,5 мес.	43,75	37,68	74	0,88	1,57
3	начало опыта	172,5	117,87			
	спустя 3,5 мес.	77,25	61,62	55	0,62	1,64
4	начало опыта	74,34	55,99			
	спустя 3,5 мес.	8,87	5,97	89	0,8	2,57

Примечание. $K_i = (П + Ф) / (C_{17} + C_{18})$, где П – пристан (изоалкан C_{17}); Ф – фитан (изоалкан C_{18}).

использования торфяного мелиоранта, где за время проведения опыта коэффициент K , практически не изменяется и по-прежнему остается меньше 1, в вариантах с использованием мелиоранта он увеличивается в 2–3 раза (табл. 1), что свидетельствует об активной деструкции н-алифатических углеводородов, наиболее доступных для УОМ и являющихся наиболее токсичными для почвенной биоты.

Сразу после внесения торфяного мелиоранта общее количество УОМ изменилось незначительно (табл. 2), однако отмечено увеличение в составе микробиоценоза доли неспорообразующих бактерий, что свидетельствует о снижении токсичности почвы. Исключение составляет вариант 3, где количество нефти было максимальным и УОМ представлена исключительно спорообразующими бактериями и углеводородоксилирующими дрожжами – микроорганизмами, устойчивыми к неблагоприятным условиям среды обитания.

Спустя 3,5 месяца после внесения торфяного мелиоранта во всех вариантах (кроме 4-го с исходно низким уровнем загрязнения) наблюдается заметное увеличение численности УОМ. Увеличение к этому сроку в составе УОМ доли неспорообразующих бактерий свидетельствует о снижении степени токсичности почвы и улуч-

шении водно-воздушного режима.

Торфяной сорбент, приготовленный из верхнего торфа низкой степени разложения (5 – 10%) и модифицированный, для придания ему гидрофобных свойств, путем высушивания при температуре 100 – 120 °С, обладает следующими характеристиками:

- сорбционная емкость по отношению к нефти – 8 – 10 г нефти / г сорбента;
- время насыщения нефтью сорбента до предельной величины – 5 – 10 мин;
- селективность по отношению к нефти в системе нефть – вода – 90 – 95%;
- консервация нефти в объеме сорбента, исключающая самопроизвольный ее сток, – не ограничена по времени;
- плавучесть – более 30 суток.

Сорбент для сбора нефтяных углеводородов с поверхности почвы используется в случае небольших разливов с последующим удалением доступными средствами. При ликвидации нефтяного загрязнения водной поверхности используется сорбент, заключенный в проницаемые оболочки с целью локализации разлива нефти и ее сбора с ограниченной поверхности. Утилизация сорбента возможна в дорожном строительстве и при изготовлении топливных брикетов (Алексеева и др., патент).

Таблица 2

Влияние торфяных мелиорантов на численность УОМ в нефтезагрязненной почве,
г · 10⁶ клеток в 1 г возд. сухого вещества

Варианты опыта	Общая численность	Бациллы	Бактерии		Дрожжи	Кокки
			абсолютное значение	% от общей численности		
Исходное состояние						
1	14,9	13,9	0,9	6,2	0	0
2	37,9	36,2	1,7	4,5	0,9	0
4	20,7	19,7	0	0	0,9	0
После внесения мелиоранта						
1	17,9	15,7	2,1	12	0	0
2	25,7	23,4	2,3	9	0	0
3	210,5	185,1	0	0	25,3	0
4	45,2	37,8	5,4	12	0,1	1,8
Через 3,5 месяца после внесения мелиоранта						
1	1019,5	733,6	285,9	28	0	0
2	217,6	161,0	56,6	26	0	0
3	814,5	692,3	122,2	15	0	0
4	18,0	12,6	5,4	13	0	0

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Т.П., Терещенко Н.Н., Бурмистрова Т.И. и др. // Тез. докл. Международного симпозиума «Контроль и охрана окружающей среды». – Томск, 1998. – С. 168.
2. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Перфильева В.Д. Способ очистки водной поверхности от нефтяных загрязнений. – Патент РФ № 2119134.

СОСТОЯНИЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Л.В. Карпенко

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: institute@forest.akadem.ru

Приводятся результаты геоботанического обследования растительности гидроморфных экосистем в зоне воздействия промышленных эмиссий ОАО ГМК «Норильский никель». Установлено, что болотные ландшафты, находящиеся в непосредственной близости от факела выбросов, испытывают сильный техногенный пресс.

Объектами исследований послужили гидроморфные экосистемы лесотундры Средней Сибири Красноярского края, находящиеся в зоне влияния выбросов.

В основу выделения зон деградации болотных экосистем положен принцип биоиндикации. В качестве растений-индикаторов использовались зеленые и сфагновые мхи, лишайники и болотные кустарнички – основные доминанты растительного покрова болот.

Установлено, что флора цветковых на болотах в пределах ключевого участка составляет 38 видов. Из них доминируют: злаки (9 видов), осоки (6 видов), пушица (4 вида), а также болотные кустарнички. Роль трав в целом повышена в сравнении с фоновыми показателями, их проективное покрытие возрастает от 20 до 30%. Однако травяно-кустарничковый покров имеет прерывисто-куртинный характер, степень покрытия и обилие чрезвычайно низкие. Моховый покров является монодоминантным и складывается 4 родами, из которых род *Drepanocladus* образует фон.

Из растительного покрова болот полностью выпали лиственница, береза карликовая и то-

щая (*B. exilis*). На грядах и буграх остался только мертвый сухостой лиственницы. Из ив произрастают только низкорослые формы. Болотные кустарнички – багульник, кассандра – имеют распластанную форму куста и почти полное отсутствие вегетативных побегов. Их листья неестественного цвета, красно-фиолетовые или оранжевые, со следами ожогов серной кислотой и других реагентов.

Основные доминанты болот – сфагновые мхи, полностью деградировали как на грядах, так и в мочажинах. Происходит частичная деградация гипновых мхов, особенно в сухих мочажинах. Из-за большой чувствительности лишайников к токсичным веществам полностью разрушен лишайниковый покров болот.

В целом на исследованных болотах отмечается заметное снижение биологического разнообразия растительного покрова, а необратимость процесса усугубляется отсутствием здесь естественного банка семян не только деревьев и кустарничков, но мхов и лишайников.

Работа выполнена при финансовой поддержке регионального гранта «Енисей» (№ 07-05-96814).

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОМ ОБУСТРОЙСТВЕ НА БОЛОТАХ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ТОРФЯНОГО ФОНДА ХМАО – ЮГРЫ

К.И. Лопатин, В.И. Толстого

Сибирский научно-исследовательский и проектный институт
рационального природопользования, Нижневартовск, Россия

Промышленное освоение огромных территорий ХМАО является многоплановой научно-технической проблемой. Одним из главных условий ее разрешения является прогноз возможных последствий и изменений в природной среде под влиянием комплекса хозяйственных и технических мероприятий. Будучи главной нефтедобывающей провинцией России, Ханты-Мансийский автономный округ является крупнейшим регионом на территории Западно-Сибирской равнины, характерной особенностью которой является заболоченность значительных площадей.

В результате застройки торфяных болот промышленными объектами прекращается доступ к торфяным отложениям как полезному ископаемому, нарушаются естественные функции болотных экосистем и природных ландшафтов. Физико-механические свойства торфяных грунтов находятся в прямой зависимости от гидрологического режима торфяной залежи, следовательно, их невозможно использовать в качестве устойчивого основания для инженерных сооружений. Гидрологический уровень болотных микросистем постоянно меняется десятки раз не только за весь проектный период эксплуатации нефтепромысловых объектов, но и ежегодно, особенно в летний период. На наш взгляд, основной причиной высокой аварийности трубопроводов нефтегазового комплекса, расположенных в торфяных залежах, является их периодическое перемещение, что неизбежно приводит к усталости металла и его порыву.

Сегодня существует объективная необходимость оптимизации размещения объектов нефтедобычи на заболоченных территориях на основе минимизации их негативных воздействий на болотные экосистемы.

Анализ территорий лицензионных участков, выделенных для добычи нефти, показывает, что нефтепромысловые объекты расположены на землях:

- покрытых лесами – 5710332 га (41,7%);
- заболоченных – 6527273 га (47,7%);
- пойменных – 1122273 га (8,2%).

- открытых водных поверхностей (реках, озерах) – 320396 га (2,4%).

В свою очередь, заболоченные территории лицензионных участков подразделяются:

- на торфяные залежи в промышленных границах, имеющие утвержденные запасы или ресурсы торфа – 3419780 га (52%);
- внутриболотные суходолы, покрытые лесами – 530521 га (8,4%);
- внутриболотные озера – 969914 га (15,3%);
- мелкозалежные окрайки торфяных месторождений (глубиной до 1 м), малоконтурные и мелкозалежные болота – 1607358 га (24,6%).

Нами разработаны принципы ранжирования заболоченных территорий, которые позволят оптимизировать размещение нефтепромысловых объектов с точки зрения рационального природопользования и их безаварийной эксплуатации.

В результате приоритетность заболоченных территорий распределилась следующим образом:

• **весьма неблагоприятные** – микроландшафты I типа с несущей способностью торфяных массивов менее $0,1 \text{ кг/см}^2$ и внутриболотные водоемы. Необходимо осушение торфяного массива. Строительство без осушения производится на сваях, эстакадах и платформах и др. опирающихся на минеральное дно;

• **неблагоприятные** – микроландшафты II типа с несущей способностью торфяных массивов $0,1-2,5 \text{ кг/см}^2$. Необходимо осушение торфяного массива на отдельных участках, имеющих свойства микроландшафтов I типа (мочажины, топи). Размещение инженерных объектов на таких участках без осушения залежи производится на условиях микроландшафтов I типа. На остальной территории данного класса строительство производится с укреплением оснований – насыпкой песчаных насыпей, устройством лежневых платформ и др. Рекомендуется размещение магистралей в теле общей насыпи;

• **условно благоприятные** – микроландшафты III типа с несущей способностью торфяных массивов более $2,5 \text{ кг/см}^2$. Строительство

производится с укреплением оснований на условиях микрорандшафта II типа, осушения не предусматривается;

- **благоприятные** – микрорандшафты с глубиной торфяной залежи 0,0-0,9 м и устойчивым минеральным дном с несущей способностью 3,0-4,0 кг/см² и более. Строительство производится с укреплением оснований на отдельных участках либо погружением оснований инженерных сооружений на минеральное дно, осушения не предусматривается;

- **весьма благоприятные** – внутриболотные суходолы с несущей способностью 3,0-4,0 кг/см² и более. При размещении инженерных объектов не предусматривается специальных мероприятий по осушению массивов и укреплению оснований.

Основным критерием при обосновании размещения нефтепромысловых объектов на торфяных болотах должна являться эколого-экономическая оценка различных участков земель, учитывающая реальную оценку суммы экологических последствий, потерь природных ресурсов и экологических функций природных экосистем, т.е. при выборе вариантов размещения нефтепромысловых объектов должен стимулироваться экономический принцип рационального природопользования. Чем выше эколого-экономическая ценность природных объектов, тем в большей степени принимаемые экономические решения, воплощенные в различных проектах и программах, должны учитывать интересы охраны окружающей среды экосистем природных ресурсов. Выполнение требований будет способствовать принятию проектными организациями ресурсосберегающих решений при размещении нефтепромысловых объектов и использовании для этих целей более дешевых экосистем.

Развитие нефтяной промышленности, обладающей значительной землеемкостью, привело к массовой застройке территорий торфяных месторождений. Инвентаризация торфяного фонда ХМАО – Югра, выполненная в 2006 г., показала, что основные безвозвратные потери торфяных ресурсов округа образовались при их физическом перекрытии нефтепромысловыми объектами. Безвозвратные прямые потери запасов и ресурсов торфа от промышленной и селитебной застройки торфяных месторождений оцениваются в **320 251 тыс. т. (W = 40%) – 0,77%** запасов и ресурсов торфа ХМАО – Югры или, примерно, в **2,9 млрд м³** торфа в естественном состоянии.

Потери торфяных ресурсов промышленных районов (Нижневартовский и Сургутский) **188 563 тыс. т (W = 40%)** или свыше 1,7 млрд м³ в естественной залежи, что составляет **59%**

всех потерь, выявленных в результате инвентаризации, в том числе:

- Нижневартовский район – **107 865 тыс. т. (W = 40%)** или 1,0 млрд м³ естественной залежи, что составляет – **1,23%** (запасы и ресурсы);

- Сургутский район – **80698 тыс. т. (W = 40%)** или 0,7 млрд м³ естественной залежи, что составляет – **1,47%** (запасы и ресурсы);

Существующие сегодня нормы законодательства РФ однозначно требуют реализации на практике принципа платного природопользования, а это значит, что застройка торфяных месторождений должна автоматически сопровождаться компенсацией ущерба от безвозвратной потери торфяных ресурсов, либо их выемкой, складированием и передачей органам власти для вторичного использования.

Согласно ст. 25 Закона РФ «О Недрах» и соответствующему ей Положению «О порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых», позволяют производить застройку площадей залегания месторождений полезных ископаемых (включая прогнозно оцененные) только при условии возможности их извлечения или доказанности экономической целесообразности застройки МПИ. При этом необходимо компенсировать ущерб от безвозвратной потери ресурсов, согласно ст. 77 Закона РФ «Об охране окружающей среды».

В настоящее время продолжается обустройство нефтяных месторождений, территориально совмещенных с торфяными месторождениями, при этом государство не только лишается ценного полезного ископаемого, но и не получает компенсации за его потерю. Учитывая интенсивное освоение заболоченных территорий нефтяной промышленностью, а также то обстоятельство, что торфяные ресурсы регулируются многими нормативными документами (Водным, Земельным и Лесным кодексами, Законами «О недрах» и «Об охране окружающей среды»), единственно возможным является разработка регионального закона о торфе,

Такой закон позволит согласовать многоотраслевое понимание торфяного болота (земля, лес, водный объект), утвердить структуру торфяного фонда, определить критерии возможного частичного освоения торфяного болота без нарушения болота в целом, определить порядок вторичного использования «попутного» торфа, а также узаконить методику компенсации ущерба от безвозвратной потери торфяных ресурсов при их промышленной застройке. Основной целью закона о торфе должно быть сохранение и рациональное использование торфяных болот и их ресурсов, что будет соответствовать государственной природно-ресурсной политике.

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ БОЛОТ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

**К.И. Лопатин, В.И. Толстограй¹,
Ю.Н. Женихов, В.И. Суворов, В.В. Панов²**

¹ Сибирский научно-исследовательский и проектный институт рационального природопользования, Нижневартовск, Россия

² Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия
E-mail: vvpanov@tvcom.ru

Влияние, оказываемое разливом сырой нефти на торфяные болота, зависит от степени замазучивания нефтью и физического вмешательства. Необратимые последствия загрязнения возникают там, где **удален растительный покров** или где нефть проникла глубоко в органические слои **вследствие механического вмешательства**.

Цель рекультивации болотных почв – восстановление естественных растительных сообществ и возобновление процесса торфообразования. Главный принцип всех мероприятий заключается в том, чтобы «не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении».

Анализ нормативно-правовых актов по рекультивации нефтезагрязненных земель показывает, что в соответствии с существующими документами по рекультивации возможно восстановление первоначальной хозяйственной ценности только минеральных почв, но не поверхностей неосушенных торфяных болот.

Биохимические методы очистки различных грунтов на свежих разливах бактериальными препаратами эффективны в определенном диапазоне при содержании НП от 0,5 до 60 г/кг.

В этой связи с 2002 г. СибНИПИРП совместно с ТГТУ и Институтом рационального природопользования и экологии республики Беларусь ведутся работы по разработке новой технологии рекультивации нефтезагрязненных поверхностей неосушенных торфяных болот.

Стратегия рекультивации таких участков предполагает:

- максимально возможное удаление нефти с поверхности;
- создание насыпного искусственного слоя путем засыпки пораженных участков воздушно-сухим торфом;
- ежегодный мониторинг рецидивных участков с целью установления соответствия их состояния определенным критериям, определяющим возможность сдачи таких земель контролирующим органам.

Концепция альтернативной технологии рекультивации основана на следующих положениях:

1. Нефть, поступающая в торфяную залежь, полностью или частично заполняет поровое пространство выше уровня болотных вод (УБВ). При полном насыщении объема торфяной залежи до УБВ нефть растекается горизонтально по направлению уклонов болотных вод и поверхности залежи. В этом случае возникает необходимость локализации разлива нефти и сбора излишков нефти щадящими методами;

2. После удаления избытка нефти с поверхности торфяного болота в верхнем слое залежи до УБВ остается сорбционно закрепленная в торфе нефть и нефть, свободно заполняющая крупные пустоты и капилляры. Количество поглощенной и удерживаемой нефти отражается понятием нефтеемкость (около 200 кг нефти на 1 м³ залежи). При поднятии УБВ происходит выдавливание свободной нефти на поверхность. Появляется источник вторичного загрязнения. Повторный сбор выдавленной нефти невозможен, поскольку требует постоянного наблюдения за поведением УБВ. Проблема решается нанесением искусственного насыпного слоя воздушно-сухого торфа на нефтезагрязненную поверхность торфяной залежи. Такой слой сорбирует свободную нефть, выдавливаемую при повышении УБВ, и способствует интенсификации микробиологических процессов в загрязненной торфяной залежи. Весьма важны параметры торфяной засыпки: плотность, содержание влаги, фракционный и ботанический составы;

3. Применение новой технологии рекультивации требует разработки и принятия новых критериев приемки рекультивированных торфяных болот. На наш взгляд, в число критериев должны войти: отсутствие на поверхности торфяного болота свободной нефти; зарастание поверхности засыпок на площади около 30% всей рекультивированной площади.

Полученные результаты лабораторных и полевых исследований подтвердили логику альтернативной технологии.

ОЦЕНКА НЕФТЕЕМКОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

**В.В. Панов, В.И. Суворов, Ю.Н. Женихов¹,
К.И. Лопатин, В.И. Толстограй²**

¹ Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия
E-mail: vvpanov@tvcom.ru

² Сибирский научно-исследовательский и проектный институт
рационального природопользования, Нижневартовск, Россия

В работе приводятся данные расчета содержания нефти в деятельном слое после удаления из него свободной части нефти. В целом содержание оставшейся нефти равно 0,2442 г/г торфа.

Методика расчета нефтепоглощительной способности предполагает проведение наблюдений и измерений нефтезагрязненных монолитов торфа в лабораторных условиях, что позволяет многократно моделировать периоды подъема и понижения уровня стояния грунтовых вод и оценить их влияние на поведение искусственно нанесенной нефти, емкость поглощения, объемы свободной нефти, возникающие или исчезающие при различных УВ (уровень воды).

Монолиты из залежи с верхним растительным слоем, ненарушенной структуры и естественной влажности помещали в эксикаторы диаметром по верху 25 см. Высота монолита – до 30 см. Уровень стояния воды в монолите устанавливали путем налива или спуска торфяной воды.

При заливке нефти на поверхность монолитов выполнялись следующие условия: опреде-

ляли площадь поверхности; исходные концентрации нефти: 5; 10; 15; 20; 25 л/м²; плотность, объем и массу нефти; при подъеме уровня воды свободную нефть с торфяной водой отсифонивали в мерный стеклянный стакан.

Содержание свободной (собранной) нефти соответственно при $C = 5+25$ л/м² составило 11,3; 11,6; 13,1; 34,7; 54,8%. Тогда величину удельной нефтепоглощительной способности типичных для средней и южнотаежной зоны олиготрофных болот в естественном состоянии при УГВ, равном 5 см, можно принять 0,112, 0,218, 0,289, 0,323, 0,279 г/г, что в среднем составляет 0,2442 г/г торфа. С учетом оценки средней плотности деятельного слоя мощностью 25 см и при увеличении слоя аэрации до 40 см кумулятивная способность деятельного слоя увеличивается пропорционально в 6 – 8 раз.

Оценка нефтеемкости монолита торфа

Заливка, л/м ²	Объем свободной нефти, мл	Масса свободной нефти, г	Масса нанесенной нефти, мл(г)
5	28,35	25,87	250 (228,1)
10	56,71	51,75	490 (447,1)
15	96,16	87,75	735 (670,7)
20	340,0	310,25	980 (894,3)
25	671,3	612,5	1225 (1117,8)

Примечания. 1) плотность нефти 0,9125 г/см³; 2) объем свободной нефти измеряли после отстаивания смеси нефть – вода.

БОЛОТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК ОБЪЕКТЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОХРАНЫ

Н.М. Семенова

Томский государственный университет, Россия

E-mail: n_semenova@res.tsu.ru

Вовлечение болот Западной Сибири в ранг природоохранных объектов международного значения в основном обеспечивается за счет развития сети водно-болотных угодий, охраняемых в рамках Рамсарской конвенции. Прецедентом специальных мероприятий по охране болот является создание в 2006 г. ландшафтного заказника в системе Большого Васюганского болота на территории Томской области и включение его в предварительный список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО.

В высокозаболоченной Западной Сибири болота пассивно вовлекались в состав охраняемых природных объектов в процессе развития здесь региональной сети особо охраняемых территорий и в той или иной мере сегодня имеются практически во всех существующих в регионе особо охраняемых природных территориях. При этом формально можно считать, что значение болот в составе особо охраняемых природных территорий Западной Сибири соответствует природоохранному статусу этих территорий и, таким образом, может быть в соответствии с российским законодательством федеральным, региональным или местным. При присвоении охраняемым территориям разного уровня международного статуса западносибирские болота автоматически включаются в сеть охраняемых объектов международного уровня. Причем приобретение российскими особо охраняемыми территориями международного статуса, согласно сложившейся в России практике, при прочих равных условиях, более вероятно для охраняемых территорий федерального уровня.

Однако до настоящего времени особо охраняемые территории федерального уровня в Западно-Сибирском регионе (Тюменская область, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский округа, Томская, Новосибирская и Обская области, Алтайский край, Республика Алтай и Кемеровская область) немногочисленны. Из них территории, имеющие международный статус, единичны. Основу региональной сети особо охраняемых природных территорий по-прежнему составляют заказники регионального значения, в своем большинстве унаследованные от зоологических (охотничьих) заказников советского времени. В последние годы в разных административных подразделениях Западной Сибири с разной степенью активности начинает формироваться сеть особо охраняемых территорий местного значения.

Охраняемые территории федерального уровня в Западной Сибири в основном представлены заказниками (11 единиц) и заповедниками (8 единиц), а их общее количество составляет 20 наименований. В совокупности, существующие в Западной Сибири особо охраняемые территории федерального значения представляют около 10% от общего количества российских заповедников, национальных парков и федеральных заказников, а доля занимаемой ими площади – чуть более 11% от площади указанных категорий охраняемых территорий России. Удельный вес площади особо охраняемых природных территорий федерального значения в Западной Сибири составляет 2,5% и находится на уровне аналогичного показателя для России в целом, составляющего 2,7%.

Крупные площади западносибирских заповедников и заказников федерального подчинения обеспечивают включение в национальную сеть особо охраняемых природных территорий разных типов болот в разных природных зонах Западной Сибири. При этом особое значение имеют заповедники с большими площадями ненарушенных торфяных болот, такие, как «Малая Сосьва» (225,6 тыс. га), «Юганский» (648,6 тыс. га), «Верхне-Тазовский» (631,3 тыс. га), отчасти – «Гыданский» (5 участков общей площадью 878,2 тыс. га) как охраняемые территории из категории наиболее строгих для России охранных режимов.

В то же время международным статусом на территории Западной Сибири наделены всего два уникальных по своим природным и культурным особенностям заповедника, но не имеющих отношения к сохранению феномена высокозаболоченных зональных ландшафтов этого региона. Это Алтайский и Катунский заповедники в составе номинации российских объектов Всемирного наследия «Алтай – золотые горы», включенной в список ЮНЕСКО в 1998 г. В 1999 г. Катунскому заповеднику также при-

своим статусом биосферного резервата ЮНЕСКО. Заповедники северной части Западной Сибири, наиболее соответствующие задачам представления на международном уровне уникальности и разнообразия торфяных болот западной Сибири, соответствующего международного статуса не имеют.

Вовлечению западносибирских болот в состав природных объектов международного значения косвенно способствовало участие России в Рамсарской конвенции по охране водно-болотных угодий. Из 35 водно-болотных угодий международного значения, подтвержденных и утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 13.09.1994 г. № 1050, шесть объектов располагаются на территории Западной Сибири (Водно-болотные..., 1998). Это «Острова Обской губы Карского моря» в Ямало-Ненецком автономном округе; «Нижнее Двубье», включающее два участка на территории Ямало-Ненецкого округа и один участок в границах Ханты-Мансийского округа; «Верхнее Двубье» в Ханты-Мансийском автономном округе; «Озера Тоболо-Ишимской лесостепи» на юге Тюменской области, а также «Чановская озерная система» и «Озерная система нижнего течения р. Баган» в Новосибирской области. При этом под юрисдикцию норм международного права в рамках выполнения обязательств перед Рамсарской конвенцией подпадает целый ряд особо охраняемых территорий федерального и регионального значения, расположенных в границах западносибирских водно-болотных угодий международного значения. Среди них пять заказников федерального значения: «Нижне-Обский» (220,0 тыс. га) и «Куноватский» (128,0 тыс. га) в Ямало-Ненецком автономном округе, «Елизаровский» (76,6 тыс. га) в Ханты-Мансийском автономном округе, «Белозерский» (17,9 тыс. га) в Тюменской области, а также «Кирзинский» (119,8 тыс. га) – в Новосибирской. Семь заказников регионального значения в границах водно-болотных угодий Западной Сибири занимают около 85 тыс. га. Специальная охрана остальной территории западносибирских водно-болотных угодий международного значения (около 75% их общей площади в регионе) не обеспечена.

Площадь шести Рамсарских угодий международного значения в Западной Сибири составляет около 2,8 млн га или около 1,1% от площади региона и 26% от их общей площади в Российской Федерации. Несмотря на достаточно обширную площадь, особенности размещения Рамсарских угодий на территории Западно-Сибирского региона не позволяют считать их репрезентативными по отношению к разнообразию имеющихся здесь болот даже с точки зрения включения разнообразия жизненно важных местообитаний водоплавающей дичи.

В водно-болотных угодьях северной части региона, приуроченных к долине р. Оби, представлены преимущественно пойменные низинные мелкоивняково-кочкарно-осоковые болота. Для угодий южной части региона, тяготеющих к зоне низинных осоковых и тростниковых болот (Боч, Мазинг, 1979), характерным элементом являются тростниковые займища. Наиболее разнообразными представляются болота Тоболо-Ишимской лесостепи в Тюменской области. Здесь также отмечены (Водно-болотные..., 1998) открытые осоково-гипновые болота, лесные болота (согры), сосново-сфагновые болота (рямы), низинные осоковые, осоково-тростниковые и осоково-вейниковые болота и засоленные травяные болота. Обширные междуречные болотные системы таежной зоны Западной Сибири в границах существующих здесь водно-болотных угодий пока не представлены, однако в определенной мере учитывались при составлении Перспективного списка угодий Рамсарской конвенции (Водно-болотные..., 2000).

Попытки организации специальной охраны болот в Западной Сибири, как и в России в целом, предпринимались в 70-е годы прошлого столетия и были связаны с деятельностью в рамках международного проекта по охране болот «Телма». Однако несмотря на то, что подлежащие охране болота в соответствии с традициями проекта «Телма» по своей природоохранной значимости подразделялись на четыре категории: международного, национального, регионального и местного значения, болот международного значения в составленном группой «Телма» списке охраняемых болот выделено не было. По результатам этой работы природоохранный статус в ранге памятников природы регионального значения на территории Западной Сибири получили около двух десятков отдельных небольших болотных массивов или участков крупных болотных систем в ее южной, традиционно наиболее хозяйственно освоенной, части.

В недалеком прошлом составленный ранее по проекту «Телма» (Боч, Мазинг, 1979) список охраняемых и намеченных при охране болот был использован для составления списка особо ценных болот России (Водно-болотные..., 1999), отвечающих критериям угодий Рамсарской конвенции. Во вновь составленном списке ценных болот России всего значился 51 объект, но из которых только 8 объектов имели непосредственное отношение к Западно-Сибирскому региону. Причем необходимость придания международного статуса внятно была обозначена только для двух западносибирских объектов. В частности, это относилось к Большому Васюганскому болоту, рекомендованному для включения в Рамсарский список, и Салымо-Юганская болотная система, которая к тому же

Section 5. Estimation of Human Activities Related to Oil-and-Gas Production

предлагалась для придания статуса биосферного резервата ЮНЕСКО.

Прецедентом организации специальной охраны болот в Западной Сибири являются мероприятия, реализованные в Томской области, изначально ориентированные на приобретение международного статуса. После многолетней подготовительной работы по выделению и согласованию особо охраняемой природной территории в системе Большого Васюганского болота (Валуцкий и др., 2000; Семенова и др., 2002), в которой был задействован большой круг ученых и практиков из Томска, Новосибирска и Москвы с участием международной общественности, постановлением администрация Томской области от 10.03.2006 г. был создан Васюганский ландшафтный заказник областного значения. Весной 2007 г. природный объект «Большое Васюганское болото» по представлению Российской Федерации был включен в

предварительный список (Tentative List) объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Васюганский ландшафтный заказник включает цельный фрагмент восточной части Большого Васюганского болота (рис. 1) вдоль границы Новосибирской и Томской областей с прилегающими лесо-болотными и лесными ландшафтами. Его площадь составляет 509 045 га. Наибольшая протяженность территории заказника в направлении с северо-запада на юго-восток 180 км, с севера на юг – 55 км. В системе природного районирования Западной Сибири *потенциальный объект Всемирного наследия* располагается на стыке двух ботанико-географических подзон (южной тайги и подтайги или подзоны осиново-березовых лесов) лесной зоны и двух болотных зон – зоны выпуклых грядово-мочажинных болот и зоны разнотипных (евтрофных и выпуклых осоково-сфагновых с участием переходных) болот.



Рис. 1. Размещение потенциального объекта природного наследия ЮНЕСКО в Западной Сибири

С точки зрения развития особо охраняемых природных территорий России создание ландшафтного заказника в системе Большого Васюганского болота в Западной Сибири следует рассматривать как восполнение давно замеченного пробела (Лавренко и др., 1958) в географической сети природных эталонов. Созданный здесь Васюганский ландшафтный заказник регионального значения целесообразно поднять в статусе до особо охраняемой природной территории федерального уровня.

Перспективы дальнейшей работы с болотами Западной Сибири как объектами международного значения в первую очередь связаны с продвижением номинации «Большое Васюганское болото». Кроме того, необходимо расширение списка перспективных для создания в ре-

гионе Рамсарских угодий международного значения и разработка планов управления водно-болотными угодьями в разных природно-хозяйственных условиях. Учитывая наличие сформировавшихся в регионе исследовательских центров по изучению и охране болот (Томск, Ханты-Мансийск, Новосибирск), а также активное вовлечение западносибирских болот в сферу разнообразной хозяйственной деятельности, особая роль должна принадлежать планированию сети перспективных биосферных резерватов ЮНЕСКО. Ориентирами для реализации этой задачи могут быть как уже существующие, так и планируемые особо охраняемые территории, в частности Юганский заповедник, Салымо-Юганская система, Приполярный Урал и другие природные участки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водно-болотные угодья России*. Том 1. Водно-болотные угодья международного значения. – М.: Wetlands International Publication № 47, 1998. – 236 с.
2. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. – Л., 1979. – 188 с.
3. *Водно-болотные угодья России*. Том 3. Водно-болотные угодья, внесенные в перспективный список Рамсарской конвенции. – М.: Wetlands International Global Series № 3, 2000. – 490 с.
4. *Водно-болотные угодья России*. Том 2. Ценные болота. – М.: Wetlands International Publication № 49, 1999. – 88 р.
5. Валуцкий В.И., Семенова Н.М., Кусковский В.С., и др. О необходимости охраны Большого Васюганского болота на Обь-Иртышском водоразделе // География и природные ресурсы. – 2000. – № 3. – С. 32 – 38.
6. Семенова Н.М., Валуцкий В.И., Баженов В.А., Огурцов Н.И. Создание ландшафтного заказника в системе Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. – Томск: ИОА СО РАН, 2002. – С. 218 – 228.
7. Лавренко Е.М., Гептнер В.Г., Кириков С.В., Формозов А.Н. Перспективный план географической сети заповедников СССР (проект) // Охрана природы и заповедное дело в СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – № 3. – С. 3 – 92.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

А.Л. Ямпольский¹, В.В. Панов², К.И. Лопатин, В.И. Толстого³

¹ ГИПРОТОРФ. E-mail: an20052@rambler.ru

² Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия
E-mail: vvpanov@tvcom.ru

³ Сибирский научно-исследовательский и проектный институт
рационального природопользования, Нижневартовск, Россия

В работе рассмотрены эколого-экономические аспекты ценности важных ресурсов и экологических функций торфяных болот, нарушаемых при добыче нефти. Экономическая оценка наносимого этим ущерба является основой рационального природопользования. Актуально продолжить разработку методик эколого-экономической оценки торфяных болот на территории ХМАО – ЮГРЫ с целью полного охвата такой оценкой их ресурсно-функционального потенциала.

Основным критерием при обосновании размещения нефтепромысловых объектов на болотах должна являться их эколого-экономическая оценка, учитывающая экономические последствия потерь природных ресурсов и экологических функций болот. Таким образом, при выборе вариантов размещения нефтепромысловых объектов стимулируется экономический принцип рационального природопользования. Чем выше эколого-экономическая ценность природных объектов, тем в большей мере принимаемые проекты должны предусматривать сохранение окружающей среды и экономию природных ресурсов. Выполнение этих требований будет способствовать использованию менее ценных экосистем или их участков, сопряженному с нарушением их естественного состояния.

Разработанные в последние годы методики позволяют дать эколого-экономическую оценку следующих существенных сторон ресурсно-функционального потенциала торфяных болот:

- как месторождений полезного ископаемого (торфа);
- их функции по депонированию углерода;
- их водорегулирующей функции;
- водоочистительной функции торфяных болот.

Экономическая ценность торфяных болот как месторождений полезного ископаемого определяется эффектом, который может быть получен за весь учитываемый период их использования в качестве сырьевых баз добычи торфа.

Временное или постоянное использование месторождения торфа или его части, сопряженное с его нарушением, например, под застройку нефтепромысловыми объектами, нефтепроводами, дорогами, ЛЭП, ведёт к экономи-

ческому ущербу (так называемой упущенной выгоде) от неиспользования торфяного сырья.

Безвозвратные потери торфяных ресурсов при застройке торфяных месторождений нефтепромысловыми объектами рассчитываются только на участках торфяного месторождения в границах промышленной глубины торфяной залежи, где общие потери торфа определяются как произведение площади и средней мощности торфяной залежи, изымаемой под застройку.

Экономическая оценка ущерба от безвозвратной потери полезного ископаемого (торфа) при застройке поверхностей торфяных месторождений с учетом типа болота и средней степени разложения торфа с периодом окупаемости от 7 до 10 лет составила в условиях Среднего Приобья от 130 до 103 тыс. руб. на га.

Нарушение поверхности торфяных болот при застройке торфяных болот приводит к прекращению поглощения двуокиси углерода растительностью и накопления углерода в виде торфа в залежи и соответственно к росту содержания CO₂ в атмосфере. Последнее обстоятельство в конечном счёте равноценно результату дополнительного сжигания топлива. Поэтому возникающий при нарушении данной естественной функции болот экологический ущерб эквивалентен ущербу экономическому.

Природно-техногенными объектами, выполняющими аналогичную с торфяными болотами функцию депонирования CO₂, являются искусственные лесонасаждения. Эффект связывания углерода, получаемый в искусственных лесонасаждениях (как и в болотах), эквивалентен экономии затрат на их восстановление. Благодаря этому искусственные лесонасаждения право-

мерно рассматривать в качестве субъекта альтернативной экономической оценки торфяных болот как поглотителей атмосферного углерода.

Поэтому экономический эквивалент депонирования определенного количества углерода на 1 га болота за 1 год равен экономии затрат на восстановление леса, депонирующего углерод в том же объеме.

Удельный показатель эколого-экономической стоимости функции депонирования атмосферного углерода болотом в местных природных условиях составил для торфяного болота верхового типа 4112 руб./га, а низинного – 3998 руб./га.

Водорегулирующее функционирование болот, в процессе которого реализуется их способность задерживать воды весеннего половодья и летне-осенних паводков и расходовать их в засушливые периоды, ограничено регулирующей ёмкостью, расположенной от уровня грунтовых вод до поверхности болот или выше, что соответствует деятельному слою болота, соответствующего полезному объёму водохранилищ. Принимается принципиальная однотипность водорегулирующих функций торфяных болот и искусственных водохранилищ сезонного регулирования.

Показатель альтернативной экономической оценки эффекта водорегулирующей функции

торфяных болот (ущерба от ее прерывания) в расчете на 1 га приведен в зависимости от типа торфяной залежи и регулирующей емкости всего ненарушенного торфяного месторождения. В результате ущерб от частичной потери водорегулирующей функции при застройке болот верхового типа соответствующей емкости составил на 1 га от 33 до 6 тыс. руб., а для низинного – от 40 до 7 тыс. руб.

Экономическая оценка водоочистительной функции торфяного болота как ненарушенного объекта природного происхождения определяется показателем альтернативной оценки эффективности выполнения подобной функции техногенными объектами – станциями очистки воды поверхностных источников. Таким показателем является чистый дисконтированный доход их эксплуатации за расчётный период.

Удельные показатели альтернативной экономической оценки водоочистительной функции торфяных болот в зависимости от суточной и годовой пропускной способности болот в условиях ХМАО и содержания в воде взвешенных веществ составили от 1,1 почти до 18 руб. на 1 м³ торфяного болота. Экономическая оценка водоочистительного функционирования торфяного болота в течение одного года на 1 га составила 1,23 тыс. руб./га, а с учетом 30 летнего периода дисконтирования 17,05 тыс. руб./га.

PAPER ABSTRACTS

PLENARY SESSION

UDC 574.4

Bleuten W. **Do Western Siberian mires sequester atmospheric carbon and feed back climate warming?**

UDC 631.4

Velichko A.A., Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Frey K.E., Lee M., Beilman D.W., and Dubinin P. **A high-resolution GIS-based inventory of the West Siberian peat carbon pool.**

UDC 581.5

Vompersky S.É. **On methodology of estimations contemporary netto ecosystem productivity (NEP) of peatlands.** [in Russian]

The paper concerned weaknesses of some methods for experimental determination of contemporary peat accumulation rate mires. The preference is given to the approaches, which are based on immediate estimations of accumulated peat mass during the last 10-20-30 years. It is pointed out necessity of the more accurate determination of peat bulk density by using samplers (rings) of larger diameter. It is proposed a new more elaborated "Pine-method" surface peat layer dating also the necessity of taking into account the soil nano relief parameters.

UDC 574.4

Clymo R.S. and Bryant C.L. **Diffusion and mass flow of peat gases (CH₄ and CO₂) and dissolved organic carbon (DOC) in a 7-m deep raised bog.**

UDC 574.4

Lapshina E.D., Filippov I.V., and Bleuten W. **Classification of mire landscapes for estimation of carbon cycling of peatlands of Northern West Siberia.**

UDC 502.35+504.03-465

Minayeva T.Yu. and Sirin A.A. **Mires in Russia update: status, use and conservation.**

The latest general data on mire distribution, diversity, use and conservation in Russia are provided. The understanding of mire values, functions and ecosystem services increased last years in society. That demands the development of scientific background for mires wise use and conservation. The information is provided on the developed mechanisms for wise use approach implementation on international, national and local levels.

SECTION 1. GENESIS AND PALEOECOLOGY OF NORTHERN BOGS

UDC 561:581.33+581.524.3 (470.5)

Antipina T.G. and Panova N.K. **Holocene vegetation dynamics and peat-bogs formation on the eastern slope of the polar and sub-polar Ural mountains.** [in Russian]

Deposits of permafrost peat bogs, which have been opened by natural outcrops of rivers and lakes have been investigated in forest-tundra and taiga zones of Eastern slope of the Polar and sub- Polar Ural Mountains. Pollen and botanical analysis of peat and radiocarbon dating of deposits were used as research methods. Fluctuations of vegetation and ecological conditions were revealed in Holocene from preboreal till the beginning of subboreal periods. In the warmest Atlantic period taiga forests with predominance of spruce were spreaded on the whole territory. Intensive peat formation have been occurred from 9000 till 4000 years ago.

UDC 502

Benscoter B.W., Vitt D.H., and Wieder R.K. **Fire ecology of boreal, Western Canadian bogs.**

UDC 581

Bloise R.E. and Vitt D.H. **Initiation and early development of boreal wetlands.**

UDC 581

Borisova O.K., Zelikson E.M., and Novenko E.Yu. Environmental conditions of peat mire development in West Siberia during the Lateglacial and the Holocene (based on palynological data). [in Russian]

UDC 581.55

Bykova O.G. Mire ecosystems of Western Siberia. [in Russian]

UDC 581

Ĺurek S., Balwierz Z., Forysiak J., Kittel P., Kloss M., Lamentowicz M., Pawiowski D., and Twardy J. The holocene history of the development of the Zabieniec peatland near Lodz (Central Poland) including the anthropogenic impact.

UDC 581

Kirpotin S.N., Polishchuk Yu.M., Bryksina N.A., and Dneprovskaya V.P. Dynamics of Areas of Thermokarst Lakes as Indicator of Climatic Changes (According to Ground and Space Monitoring). [in Russian]

This paper continue the series of publications which show that peatlands situated in a permafrost zone and consisting of insignificant layers of frozen pleats, especially palsas in the sub-arctic region of Western Siberia, are a very sensitive indicator of climatic changes, such that any changes of climate in the direction of warming lead to increased activity in a thermokarst process over extensive areas. We give here one more evidence that endogenous cyclic succession of palsa development was broken due to the disbalance of cryogenic processes: thermokarst started prevails on permafrost heaving. Authors revealed that thermokarst has expanded over the big parts of the Western-Siberian sub-arctic region and during last 5-6 years it has got probably irreversible character which can be explained by climate warming. One of the brightest confirmations of thermokarst strengthening is dynamics of thermokarst lakes: thousands of them are disappear as a result of their drainage and thousands of them are expanding their areas, which well displayed on satellite images of different years. Both contrast processes are result of thermokarst strengthening in this region.

UDC 581.526.33+551.312.2+552.577+551.48 : 551.481.2

Makarenko G.L. On geological nature of deposit of high sphagnum peatbogs of taiga zone. [in Russian]

Received sequence of peat accumulation of the taiga zone. Trophicity degree of peat accumulation environment in the peat deposit cover determines eutrophic and oligotrophic types of helads forming peat. Peat deposits are formed of eutrophic and oligotrophic groups of remaining plant residues and decomposed vegetative mass (degree of decomposition). The generalized model was drawn showing development stages of the peat deposit long-fallow layer. Three groups of horizontal contact-transformation of the long-fallow layer at the eutrophic development stage moving onto the oligotrophic stage were marked out. The genetic classification of peat deposits was developed based on it, and patterns of natural properties were revealed. The parameters reflecting natural conditions of accommodation peat bogs have been subjected to the analysis: type of a relief and a site in a relief, structure and properties of deposits, type of a structure of a deposit. We can see regularities of development of long-fallow layer of high peatbogs on basis of the extent eutrophication of medium of accumulation of peat. The results of investigations can be claimed for the decisions of scientific and practical problems: for the differentiation and nature protection arrangement of terrain, for the evaluation of its resource potential in range of rational nature management.

UDC 581

Oksanen P.O. Wetland evolution and global database.

UDC 551.312.2

Panov V.V. The botanical composition of the pear deposits beside with the village Yamburg of the Tazovsky peninsula. [in Russian]

Botanical composition of peat contribution is in detail described in this work.

UDC 581.526 (571.1)

Preis Yu.I. Regional features of mire formation in conditions of the continental climate of the Western Siberia. [in Russian]

This report gives the results of multidisciplinary, multilevel, detailed researches of mires of middle and southern taiga of Western Siberia, which have allowed to reveal regional climatic type of mire formation and new «Ob-Irtish» type of bogs.

UDC 551.0+002.5

Rykova V.V. Wetlands of northern territories: information support of the problem. [in Russian]

The article represents characteristics of data bases generated by the State Public Scientific-Technological Library of SB RAS for information support of northern wetlands research.

UDC 581.5

Timireva S.N. and Velichko A.A. Late ice period desert on the territory of Western Siberian Plane. [in Russian]

UDC 561:551.791(571.1) + 551.583.7

Khazina I.V. and Khazin L.B. Landscape and climate changes in south-east of West Siberia during the holocene. [in Russian]

Study of peat mire "Sphagnum ryam" (N 56°04', E 78°53'), lacustrine-swamp sediments of Beloe-lake (N 55°39', E 82°70') and data of others Holocene sections of forest-steppe zone of West Siberia allow us to reconstruct holocene vegetation. The Birch was the dominant of forest in the Atlantic; characteristic vegetation of the Atlantic - Early Subboreal was birch-forests, birch-piny forests with reeds, ferns. Layers of the first-half of Subboreal contain the pollen grains of elm and linden, that meaning warming, as well as a lot of hydrophytes. Subsequent cooling and humid in the Late Holocene takes place -high-moor peat deposits was formed during this time.

UDC 581.526.35

Yurkovskaya T.K. Spatio-temporal relations of forests and mires in the taiga ecosystems. [in Russian]

The paper emphasizes the importance of vegetation cover self-regulation in taiga ecosystems and the essential role of mires in the formation of spatial-temporal structure of taiga ecosystems. The idea has been proposed that stability of taiga ecosystems increases under the condition of coexistence of mire and forest. The succession strategies of forests and mires has been considered and also the contribution of mires to the biodiversity of taiga ecosystems.

UDC 577

Bragg O. Applying principles from West Siberian mire science to help understand the landscape ecohydrology of Scottish blanket mire.

SECTION 2. MIRE ECOLOGY AND BIODIVERSITY CONSERVATION

UDC 502

Bufková I., Stíbal F., and Loskotová E. Ecology and restoration of drained mires in the Sumava National Park (Czech Republic, Central Europe).

UDC 502

Van Duinen G.J., Leivits A., Timm T., Brock A.M.T., Verberk W.C.E.P., Zhuge Y., and Esselink H. Does rewetting of raised bogs rehabilitate aquatic invertebrate diversity? A comparative study between intact, degraded, and rewetted raised bogs in Estonia and the Netherlands.

UDC 504.05

Golovatskaya E.A., Lyapina E.E., and Preis Yu.I. Concentrations and distributions of mercury in the West Siberian peatlands. [in Russian]

The results of studying of mercury concentration in the peat of different peatlands from Tomskaya oblast are given. Peatlands can be used as the indicator of mercury pollution of the environment and the record of atmospheric mercury deposition.

UDC 631.46

Golovchenko A.V. and Inisheva L.I. Microbiological monitoring of bog ecosystems in West Siberia. [in Russian]

Three year monitoring of microbial abundance was conducted on the landscape profile of bog ecosystem disposed on the spurs of Vasugan bog (West Siberia, Russia). High number of different microbial groups was typical for peat-bogs occupied eluvial, transit and transaccumulation positions of the landscape profile. Number of some microbial groups was found to be sharply decreased with depth (e.g. fungal mycelium was not found out deeper than 1-3 m) while numbers of others (bacteria, actinomycetous mycelium, fungal spores) decreased more gradu-

ally. Natural variability of microbial abundance was revealed through the whole peat profile. The supply of microbial biomass calculated for whole peat profile reached 13 t/hectare. The ratio of microbial biomass did not reach 3% for the total carbon pool.

UDC 581.256.33

Goncharova N.N. **Structure of mesotrophic mires vegetation in south-west of Komi republic and mapping.** [in Russian]

UDC 581.526.33 : 528.931.3 (470.55)

Ivchenko T.G. **Structural organization of vegetation cover of mires of the national park "Zuratkul" (South Ural).** [in Russian]

Results of an analysis of the structure and typological diversity of the vegetable cover of mountain mires South Ural located in territory of National park "Zuratkul". It is revealed prevalence of forest mires, different type from eutrophic to oligotrophic, among which are more distributed eutrophic phytocoenoses with domination *Picea obovata*, located along river's banks. Are described micro-relief complexes different structure which presence is connected to a mountain relief. The special attention is given to rare species of plants.

UDC 582

Korkin S.E. **Mire complexes on the territory of the national park "Sibirskiye uvaly".** [in Russian]

Now, is important to know, on how many there is a change marsh complexes of space in limits middle current of Ob in connection with active transformation natural and anthologies of the factors. In submitted clause are resulted and the data on scheduled coastal deformations received on territory of Natural Park «Siberian Yval» for the period with 2002 for 2006 with attraction of share materials are analyzed.

UDC 582

Kukurichkin G.M. **Vegetation and rare species on the bogs in North-West part of Ugra.** [in Russian]

The article consists some data on distribution and classification of peat bogs vegetation in the Sabun river basin. The syntaxa analysis was based on morphology and floristic composition of plant communities. There are different types of peat bog vegetation varied by dominant forms and indicators groups of species; the 15 associations are revealed. New locations of rare species were found.

UDC 581

Lapshina E.D., Filippov I.V., and Mollicone D. **Landscape-ecological mire classification on the territory of Siberian High Tower footprint near Zotino (Yenisey adjacent part of Middle Taiga of West Siberia).**

UDC 630.182 : 634.09

Lebedev Y.V. **Ecologically-economical estimation of peat bogs and paludified forests.** [in Russian]

The cost of paludified forest systems includes total costs their natural resources and main environment-formis functions. The criterion of complex estimation is the degree of long time effect with the account of peat bogs dynamics and of the way of natural resources management.

UDC 551.0; 631.6

Maslov B.S. **Hydrogeological conditions and water nutrition of bogs.** [in Russian]

The water balance equation of a bog for any time period is composed of the groundwater influx and outflux. The balance is calculated fore the whole bog layer down aquicludes in nature; therefore vertical water exchange exists between groundwater (bogwater) and underlying aquifers. This water exchange characterizes the correlation between the small (biological) and large (geological) cycles of matter and energy. Hydrogeological conditions have influence on water (and salt) nutritions of bogs, it was determining in situ for different bogs.

UDC 630.11.630.18:630.182

Migalina S.V. **Structural adaptations of white birches (*Betula pendula* Roth and *B.pubescens* Ehrh.) to climate of the north.** [in Russian]

Quantitative anatomy of leaf mesophyll of two forest-forming birch species (*Betula pendula* Roth и *B.pubescens* Ehrh.) have been studied in northern and mountain populations eastern slope of the Ural Mountains. Differences between *Betula pendula* and *B.pubescens* in adaptation ways of photosynthetic tissues to north climate are revealed. The main differences are connected with leaf size, leaf thickness, plastids amount and cell size parame-

ters. The analysis of mesophyll structure shows the increasing of *Betula pubescens* leaf thickness, leaf mass density, cell volume and plastids amount in northern taiga, forest tundra and also in upper mountain belts. Whereas in the northern taiga populations of *Betula pendula* we observe the decreasing of leaf thickness, leaf mass density and higher leaf sizes. This changes of mesostructure provide *Betula pubescens* optimal efficiency of photosynthesis and metabolism in cool climate of the North and high mountains.

UDC 502

Molenda T., Rzętała M., and Chmura D. Anthropogenic bogs of post-exploitation areas (on the example of southern Poland).

UDC 556

Omote J. and Yamagiwa Y. Spring water river vegetation and hydric soil and water chemistry at the foot of Mt. Fuji.

UDC 574.575.17:581.543:575.21

Petrova I.V. and Sannikov S.N. Genetic differentiation of dry-land and bog populations common pine in Western Siberia. [in Russian]

A many-year comparative ecological-geographical-genetic study of adjacent populations of the common pine (*Pinus sylvestris* L.) in dry lands and high bogs in Western Siberia demonstrated the fundamental importance of bog ecosystems as a factor of a wide-scale genetic divergence in the Holocene. It is shown that dry-land and bog populations of the common pine have a relatively high (up to 90-100%) heat-induced phenological reproductive isolation, which grows in going from the north to the south of the pine range. It is for the first time that the phenogenetic boundary between populations of this species in dry lands and high moors is established and studied in a continuous range in the fore-forest-steppe. Reliable genetic gradients between these populations in other subzones and, also, between subpopulations of pines in dry lands and transitional bogs are found. The rate of the microevolutionary divergence of bog populations of pines from their adjacent dry-land populations (2 to 3 times higher in the fore-forest-steppe than in the middle taiga) is determined directly for the first time considering results of radioisotope dating of macroremains (needles and wood) in high peatbogs and Nei genetic distances (Nei, 1978). Results of the study can serve as the basis for revision of the taxonomy and population-genetic forest seed and selection mapping.

UDC 630*582.47 : 571.1

Pimenov A.V. and Sedel'nikova T.S. Biodiversity of coniferous on Western Siberia bogs. [in Russian]

The results of intraspecies forms biodiversity investigation in *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Larix sibirica* Ledeb. populations on Western Siberia plain bogs are submitted. It is shown coniferous bog populations are characterized by the wide spectrum of visual determined and phenotypical latent (such as chromosomal aberrations and genomal mutations) polymorphism. It is supposed that cytogenetical changes are not only destructive character, but they are plants adaptive reaction, which raise the genetical lability of populations and expand the biodiversity of coniferous. Individual features of intraspecies forms considered as display of various ecological strategies ensuring steady reproduction of species in contrast ecological conditions.

UDC 502

Rzetala M., Molenda T., and Chmura D. The role of anthropogenic wetland in preserving the biodiversity of degraded areas.

UDC 631.4 : 622.331

Sivkov J.V. Monitoring of physical properties of the Western Siberian turbaries. [in Russian]

Work is lead with the purpose reception of forecasting values of physical parameters on the basis of generalization of data of inspection peat почва (bog Tarmanschoe) for the last years and now (2001-2003).

UDC 556

Schouwenaars J.M. Developments in hydrological research for bog restoration illustrated for the Fochteloerveen in the Netherlands in the period 1975 – 2005.

UDC 581

Shaw B., Shaw J., and Boles S. Testing species differences in peatmosses using microsatellite markers.

UDC 502

Esselink H., Verberk W.C.E.P., and van Duinen G.J. **The importance of landscape heterogeneity for animal diversity in mire restoration management.**

SECTION 3. PRIMARY PRODUCTION AND CARBON ACCUMULATION

UDC 631.434. 5:574

Bakhnov V.K. **The role of swampy soil formation in the process of overland plants.** [in Russian]

The swamp can be considered as both the reservoir and dry land. Owing to such unity, the ecological contrast between aqueous medium and dry land proves to be the least. This ensured that swampy soil formation plays a crucial role in the adaptation of the plants to the life on dry land under aerial conditions.

UDC 574.4

Volkova E.M., Rumyantzeva E.V., Kuchakova E.G., and Trofimova E.G. **The deposition and emission of carbon in peatlands of forest-steppe vegetation zone (Tula region).** [in Russian]

We studied the productivity of plant communities and intensity of carbon dioxide emission from peat deposits of native karst-hole mires and inundated mires after drainage in Tula region. The results showed the negative influence of human activity on the state and carbon balance of mires.

UDC 574.45

Golovatskaya E.A. **Biological productivity of oligotrophic and eutrophic bogs in West Siberia.** [in Russian]

The results of investigation of biological productivity of oligotrophic and eutrophic bog ecosystems from Tomskaya oblast are given. Biomass, dynamics of growth phytomass and net primary productivity of bogs ecosystem are estimated. Connections between biological productivity, weather characteristic, and hydrologic conditions are established.

UDC 542.61:551.481.2

Golovatskaya E.A. and Veretennikova E.E. **Carbon in the bog waters.** [in Russian]

Results of analysis of water dissolved carbon in the bog waters sampled from oligotrophic and eutrophic bogs of West Siberia (field station "Vasuganje" IMCES SB RAS) are presented. Concentration of dissolved carbon in the bog water is changing with depth. The seasonal dynamic of dissolved carbon in the bog waters is estimated.

UDC 579.222.4+551.312.2

Grodnitskaya I.D., Sorokin N.D., and Trusova M.Yu. **Characteristics of microbial carbon transformation in the Western Siberian peatbogs.** [in Russian]

Our study of two forest-peatbog ecosystem types established kopiotrophic and oligotrophic hydrobiont bacteria to be dominant in both of them. The number of hydrolytic forms was recorded to decrease, particularly in Ozernoe peatbog. The highest heterotrophic bacteria biomass was calculated for the aerobic and anaerobic zones (160 and 726 mg per gram of peat at depth of 10 and 300cm) of Zhukovskoye and Ozernoye bogs, respectively. Using a molecular genetic method, the methanogen spectrum was identified that included seven undetermined dominant forms. Methanogen species diversity appeared to be higher in the oligotrophic high-moor peatbog (Ozernoe) than in the eutrophic lowland peatbog (Zhukovskoe).

UDC 552.5

Dergacheva M.I. and Potapova S.S. **Behavior of humus substance system in fens in naturally and anthropogenically changing environment.** [in Russian]

UDC 684.392:528+634.0:581.526.33

Yefremov S.P. and Yefremova T.T. **Experimental diagnostics of peat accumulation and organic matter transformation in forest bog ecosystems of West Siberia.** [in Russian]

Classification of bogs and paludal forests according to the energy- mass-exchange criteria is discussed in the paper. Information potential of direct and indirect methods of peat accumulation studying is actualized. Carbon stock in different groups and fractions of organic matter in peat deposits of West Siberia is characterized. The version of a successive exhausting these components with the increase of "greenhouse" warming up of the planet has been proposed.

UDC 631.417.2

Ivanova E.S. and Kharanzhevskaya J.A. Analysis content of organic substance in bog water of raised bog. [in Russian]

The purpose of this work is studying the contents of organic substances in bog waters of the raised bog located on spurs of the Vasyugan bog. By results of researches prevalence of water-soluble carbon in bog waters is noted, thus organic substances on reduction of concentration settle down in a line: water-soluble carbon - fulvic acids - humic acids. Except for that law of increase in concentration on a profile of a bog from point 5 to point 2 and by the end of the vegetative period is noted.

UDC 552.577:553.973

Komissarov I.D., Sartakov M.P., and Mironov A.A. Humification as the factor of preservation of organic matter in peatlands. [in Russian]

Accumulation of humic substances in peatlands limits CO₂ emission into the atmosphere and influences evolution and the mechanism of transformation of peatlands under the anthropogenic pressure as a result of formation of specific oxidation-reduction and protolytic conditions.

UDC 631.4+577.74

Koronatova N.G. Peat decomposition in mire ecosystems of Bakchar bog under different hydrothermal conditions.

In the paper peat weight losses and a rate of the process in a poor fen, raised bog and ridge ecosystems of southern taiga wetland are characterized in connection with hydrothermal conditions.

UDC 581.5

Kosykh N.P. Distribution of bryophyte production and phytomass to latitude. [in Russian]

The ratio of Sphagnum moss production to their green phytomass was shown to be maximal in the southern taiga region of West Siberia. To the north and south from the taiga region the coefficient decreases, reaching minimal values under lack of either water (in the forest-steppe zone) or warmth (forest tundra).

UDC 631.417

Kudryashova S.Ya. and Ditz L.U. Estimation of stocks soil carbon in natural complexes of marsh systems Western Siberia with GIS. [in Russian]

The estimation of stocks soil carbon in key sites of heights low plains Western Siberia is carried out in view of typology of a landscape and parties of soil cover structure. As sources of the information in work the mesoscale soil cards with use space pictures Landsat of the high sanction were used. As the basic method of interpretation of space pictures served the spectral image in program Erdas Imagine environment with the subsequent vectoring in ArcGis.

UDC 581.5

Makhatkov I.D., Gutsu A.V., and Mozolevsky O.V. Stand phytomass and it's annual production on former ground opencasts in northern taiga of Western Siberia. [in Russian]

Vegetation of former opencasts is considered in the article. Data on stands phytomass, it's structure and annual production is reported.

UDC 581.5

Machatkov I.D., Kosykh N.P., and Romancev S.A. Phytomass and production of bogs in the middle taiga. [in Russian]

Valuations of the phytomass, mortmass and net primary production including tree in mire of ecosystems in middle taiga of West Siberia are presented.

UDC 684.932:528

Mironycheva-Tokareva N.P. Dynamics of carbon accumulation by subshrubs layer in wetlands of taiga zone of West Siberian. [in Russian]

Dynamic of stocks the green biomass during vegetation season by arctic subshrubs depends on weather conditions of the year. The maximum observed in the middle of vegetation season, because subshrubs foliage both of previous and current year are functioning.

UDC 581.55

Mironycheva-Tokareva N.P., Kosykh N.P., and Parshina E.K. Carbon balance components of wetlands in the middle taiga and the forest-tundra. [in Russian]

Net primary production (NPP) of wetlands decreased from the north to the south. The speed of decomposition showed the same trend.

UDC 551.0 + 556.56

Parshina E.K. Plant remain decomposition in oligotrophic bogs of the middle taiga. [in Russian]

Experiments on the decomposition rate definition of the dominant species in a peat layer were carried out during 2004 – 2005 in mire ecosystems in the middle taiga. In the series *Sphagnum* mosses – grasses – dwarf shrubs the minimal decomposition rate was observed for *Sphagnum balticum* in oligotrophic hollow ecosystem (10% weight loss for the first year). The maximum decomposition rate was observed for *Menyanthes trifoliata* – after one year the loss was 60% of total plant weight. Middle values of decomposition rate were obtained for *Ericaceae* dwarf shrubs.

UDC 581.526 (571.1)

Preis Yu.I., Bobrov V.A., Sharapova T.A., and Sorokovenko O.R. Actual peat and carbon accumulation in mires of the southern taiga of the Western Siberia. [in Russian]

This report gives the results of detailed researches of properties of peat and ^{210}Pb , ^{137}Cs и ^{14}C datings, which have allowed to calculate peat and carbon accumulation for last 100 years and on the periods up to 1960, 1949 and 1905 years for 7 typical key areas of oligotrophic and mesotrophic mires of southern taiga of Western Siberia.

UDC 551.2

Ustinov M.T., Kazantsev V.A., Magaeva L.A., and Glistin M.V. Methodology of soils monitoring in regions of natural resources extraction. [in Russian]

UDC 574.4

Shibareva S.V. Litter storages in West Siberian forests. [in Russian]

Litter storages in West Siberian coniferous forests changes from 23,1 to 46,2 t/ha. The mass of litter in birch forests is much lower.

SECTION 4. CARBON GAS FLUXES OF NORTHERN BOGS

UDC 631.433

Glagolev M.V., Maksyutov S.S., Peregon A.M., and Shnyrev N.A. The data base of CH_4 emission from soils of Russia.

In this paper we present the data base of methane emission from Russian soils. At the present time the base contains more than 6 hundreds data records about CH_4 emission from 10 regions of Russia. The most part of information belongs to the West Siberia region.

UDC 631.4

Golovatskaya E.A. and Dyukarev E.A. The rate of CO_2 production by sphagnum peats in native condition. [in Russian]

The results of investigation of the rate of CO_2 production in the top layers of peat deposit are given. Positive correlations between CO_2 emission from the surface and emission from 20 cm depth layer and surface temperature are established. Correlation between CO_2 flux and temperature gradient in top 25 cm layer was found.

UDC 574.4

Kutzbach L., Schneider J., Schulz S., Becker T., Wille C., Ibendorf J., and Wilmking M. Environmental controls of CO_2 exchange of a boreal peatland on micro-site and ecosystem scale, Salmisuo, Finland.

UDC 574.4

Naumov A.V., Huttunen J.T., Repo M.E., Chichulin A.V., Peregon A.M., Filippov I., Lapshina E.D., Martikainen P.J., and Bleuten W. West Siberian peatlands: comparative study of greenhouse gas emission in middle taiga and forest tundra climatic conditions.

The study of CO_2 and CH_4 gas emission was carried out in two contrast bioclimatic sub-zones in the north provinces of Western Siberia. Three year measurements have shown the averaged summer fluxes to be equaled $81,6 \pm 70,1 \text{ mgCH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($n = 190$) and $7,56 \pm 4,23 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($n = 156$) for middle taiga mires. The north

peatland fluxes were substantively lower and ranged from 6,1 (in lake) up to 41,0 (oligotrophic hollow) $\text{mgCH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ and 1,5 $\text{gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (lake) to 5,4 $\text{gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (palsa surface) during July-August 2005. Influence of peat temperature and water table level (WTL) were also searched on the methane and carbon dioxide fluxes. It was found statistically true regressive exponential relationship between CH_4 flux and WTL for middle taiga mire. The low temperature and permafrost impact were discussed.

UDC 552.577.14:551.312.2

Panov V. Morphology of the accumulation of the gas in peatlands. [in Russian]

In work are considered examples to accumulations of the gas in peat deposits. The Areas to accumulations of the gas comply with the general system of the mechanical balance of the peatlands. The System of the balance reflects natural coordinated growing peatlands in its different parts.

UDC 574.4+581.5

Péli E., Czóbel Sz., Nagy J., Koronátova N.G., and Kosykh N.P. Comparison of biomass and carbon-flux data considering the role of functional groups and species diversity in two typical West Siberian peatlands.

UDC 631.4

Peregon A., Maksyutov S., and Volosnikova T. West Siberian wetland typology map for trace gas flux and biomass inventories.

Inventories of the wetland area in western Siberia have been produced in order to compile the inventory maps of NPP/biomass, soil respiration and greenhouse gases at regional scale. Multi-scale approach of sequential analysis utilizing the paper-based Wetland typology map, satellite images with middle resolution, and airborne/satellite images at large scale was used to obtain the detailed wetland classification. This approach allows us to scale up the ground-survey data obtained at different micro-landscapes on patterned wetlands.

UDC 631.4

Shnyrev N.A. and Glagolev M.V. Typical values of CH_4 emission from wetlands of West Siberia. [in Russian]

In the present paper we summarized own and literary data of numerous measurements of methane emission at the territory of West Siberia under different hydrothermic condition and at various types of wetlands. The statistical analysis of data enables to receive relatively reliable estimation of typical fluxes for separate natural zone and concrete biogeocenose.

SECTION 5. ESTIMATION OF HUMAN ACTIVITIES RELATED TO OIL-AND-GAS PRODUCTION AND MODERN RECULTIVATION/ REMEDIATION TECHNOLOGIES

UDC 582

Bespalova T.L. and Korotkikh N.N. Mire complexes conservation on the area of "Kondinskiye ozera" nature park under conditions of technogenic influence (oil industry). [in Russian]

UDC 631.461:622.323:504.

Burmistrova T.I., Alekseeva T.P., Tereshchenko N.N., and Stakhina L.D. Prospects for peat use to remove oil spills from water and soil surfaces. [in Russian]

The paper presents the data obtained on the study of the efficiency of peat-based meliorant and sorbent to remove Oil Spills from Water and Soil Surfaces.

UDC 551.481.2 : 504.054 : 571.51

Karpenko L.V. State of bog ecosystems on the technogenic impact zone. [in Russian]

Results of geobotanical control of vegetation in hydromorphic ecosystems in the zone of impact of OAO MIC "Norilsk nickel" industrial emissions have been given in the paper. It was stated that the bog landscapes located in immediate proximity to pollution plume suffer from heavy technogenic press.

UDC 504.064

Lopatin K., Tolstograi V., Jenichov J., Suvorov V., and Panov V. The technologies of mire oil pollutions renewal and use of peat for the recultivation purposes. [in Russian]

Scientifically based new technology of recultivations of the natural bogs surface under oil pollution was investigated. This technology takes precaution the removal of free oil from the surface and then the shower of the polluted area by the dry-peat layer.

UDC 504.064

Panov V., Suvorov V., Jenichov J., Lopatin K., and Tolstograi V. Estimation of the volume-oil in acrotelm of the mires. [in Russian]

In work is given calculation of the contents to oils in acrotelm after removing her free part. As a whole contents remained oils is 0,2442 g/g peat.

UDC 502.4

Semenova N.M. The Western Siberia peatlands as the objects of international protection. [in Russian]

Introduction of Western Siberia peatlands into the rank of protected areas of international importance is provided mostly due to development of wetlands network being protected within the frame of Ramsar Convention. Currently there are six Ramsar Sites in the region: three on the Ob river floodplain in its north part and the rest ones – within the steppe and forest steppe areas with reeded mires. An instance of special arrangements on the peatlands protection is creation of landscape zakaznik at the Great Vasyugan Mire in Tomsk Oblast with total area of 509045 ha in March 2006. The Russian Federation has nominated the property entitled "Great Vasyugan Mire" for the World Heritage Tentative List of UNESCO in early March 2007.

UDC 504.062.001

Yampolskiy T., Panov V., Lopatin K., and Tolstograi V. Economic estimation resource and ecological function of peatlands. [in Russian]

Resource and ecological functions peat mires are considered in work. These functions and resource are broken when mining the oils. The Economic estimation of the damage is a base wise use.

AUTHOR INDEX

A

Alekseeva (Алексеева), 150
Antipina (Антипина), 21

B

Bakhnov (Бахнов), 85
Balwierz, 27
Becker, 131
Beilman, 10
Benscoter, 22
Bespalova (Беспалова), 148
Bleuten, 8, 16, 132
Bloise, 23
Bobrov (Бобров), 122
Boles, 81
Borisova (Борисова), 24
Bragg, 50
Brock, 52
Bryant, 14
Bryksina (Брыксина), 29
Bufková, 51
Burmistrova (Бурмистрова), 150
Vykova (Быкова), 25

C

Chichulin (Чичулин), 132
Chmura, 71, 78
Clymo, 14
Czóbel, 138

D

Dergacheva (Дергачева), 93
Ditz (Дитц), 107
Dneprovskaya (Днепроvская), 29
Dubinin (Дубинин), 10
Dyukarev (Дюкарев), 130

E

Esselink, 52, 82

F

Filipov (Филиппов), 16, 64, 132
Forysiak, 27
Frey, 10

G

Glagolev (Глаголев), 128, 144
Glistin (Глистин), 123
Golovatskaya (Головацкая), 54, 89, 90, 130
Golovchenko (Головченко), 55

Goncharova (Гончарова), 57
Grodnitskaya (Гродницкая), 91
Gutsu (Гуцу), 109

H

Huttunen, 132

I

Ibendorf, 131
Inisheva (Инишева), 55
Ivanova (Иванова), 98
Ivchenko (Ивченко), 58

J

Jenichov (Женихов), 155, 156

K

Karpenko (Карпенко), 152
Kazantsev (Казанцев), 123
Kharanzhevskaya (Харанжевская), 98
Khazin (Хазин), 43
Khazina (Хазина), 43
Kichakova (Кичакова), 87
Kirpotin (Кирпотин), 29
Kittel, 27
Kloss, 27
Komissarov (Комиссаров), 100
Korkin (Коркин), 60
Koronatova (Коронатова), 102, 138
Korotkikh (Коротких), 148
Kosykh (Косых), 104, 112, 117, 138
Kremenetski, 10
Kudryashova (Кудряшова), 107
Kukurichkin (Кукуричкин), 62
Kutzbach, 131

L

Lamentowicz, 27
Lapshina (Лапшина), 16, 64, 132
Lebedev (Лебедев), 66
Lee, 10
Leivits, 52
Lopatin (Лопатин), 153, 155, 156, 161
Loskotová, 51
Laypina (Ляпина), 54

M

MacDonald, 10
Magaeva (Магаева), 123
Makarenko (Макаренко), 33

Makhatkov (Махатков), 109, 112
Maksyutov (Максютов), 128, 141
Martikainen, 132
Maslov (Маслов), 67
Migalina (Мигалина), 70
Minayeva (Минаева), 17
Mironov (Миронов), 100
Mironycheva-Tokareva (Миронычева-Токарева), 115, 117
Molenda, 71, 78
Mollicone, 64
Mozolevsky (Мозалевский), 109

N

Nagy, 138
Naumov (Наумов), 132
Novenko (Новенко), 24

O

Oksanen, 35
Omote, 72

P

Panov (Панов), 36, 136, 155, 156, 161
Panova (Панова), 21
Parshina (Паршина), 117, 119
Pawowski, 27
Péli, 138
Peregon (Перегон), 128, 132, 141
Petrova (Петрова), 74
Pimenov (Пименов), 76
Polishchuk (Полищук), 29
Potapova (Потапова), 93
Preis (Прейс), 37, 54, 122

R

Repo, 132
Romancev (Романцев), 112
Rumyantzeva (Румянцева), 87
Rykova (Рыкова), 39
Rzetała, 71, 78

S

Sannikov (Санников), 74
Sartakov (Сартаков), 100
Schneider, 131
Schouwenaars, 80
Schulz, 131
Sedel'nikova (Седельникова), 76
Semenova (Семенова), 157
Sharapova (Шарапова), 122

Shaw, 81
Sheng, 10
Shibareva (Шибарева), 125
Shnyrev (Шнырев), 128, 144
Sirin (Сирин), 17
Sivkov (Сивков), 79
Smith, 10
Sorokin (Сорокин), 91
Sorokovenko (Сороковенко), 122
Stakhina (Стахина), 150
Stíbal, 51
Suvorov (Суворов), 155, 156

T

Tereshchenko (Терещенко), 150
Timireva (Тимирева), 41
Timm, 52
Tolstograi (Толстограй), 153, 155, 156, 161
Trofimova (Трофимова), 87
Trusova (Трусова), 91
Twardy, 27

U

Ustinov (Устинов), 123

V

Van Duinen, 52, 82
Velichko (Величко), 10, 41
Verberk, 52, 82
Veretennikova (Веретенникова), 90
Vitt, 22, 23
Volkova (Волкова), 87
Volosnikova (Волосникова), 141
Vompersky (Вомперский), 11

W

Wieder, 22
Wille, 131
Wilmking, 131

Y

Yamagiwa, 72
Yampolskiy (Ямпольский), 161
Yefremov (Ефремов), 95
Yefremova (Ефремова), 95
Yurkovskaya (Юрковская), 47

Z

Zelikson (Зеликсон), 24
Zhuge, 52
Zurek, 27

CONTENTS

ВВЕДЕНИЕ	5
----------------	---

PLENARY SESSION (Пленарные доклады)

Bleuten W. Do Western Siberian mires sequester atmospheric carbon and feed back climate warming?	8
Velichko A.A., Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Frey K.E., Lee M., Beilman D.W., and Dubinin P. A high-resolution GIS-based inventory of the West Siberian peat carbon pool	10
Вомперский С.Э. О методологии оценок современной нетто-экосистемной продукции (NEP) болота	11
Clymo R.S. and Bryant C.L. Diffusion and mass flow of peat gases (CH ₄ and CO ₂) and dissolved organic carbon (DOC) in a 7-m deep raised bog	14
Lapshina E.D., Filippov I.V., and Bleuten W. Classification of mire landscapes for estimation of carbon cycling of peatlands of Northern West Siberia	16
Minayeva T.Yu., and Sirin A.A. Mires in Russia update: status, use and conservation	17

SECTION 1

GENESIS AND PALEOECOLOGY OF NORTHERN BOGS (Генезис и палеоэкология болот северных регионов)

Антипина Т.Г., Панова Н.К. Голоценовая динамика растительности и формирование болот на восточном склоне Приполярного и Полярного Урала	21
Benscoter B.W., Vitt D.H., and Wieder R.K. Fire ecology of boreal, Western Canadian bogs	22
Bloise R.E. and Vitt D.H. Initiation and early development of boreal wetlands	23
Борисова О.К., Зеликсон Э.М., Новенко Е.Ю. Условия развития болот в Западной Сибири в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным)	24
Быкова О.Г. Болотные экосистемы Западной Сибири	25
Ĺurek S., Balwierz Z., Forsyia J., Kittel P., Kloss M., Lamentowicz M., Pawiowski D., and Twardy J. The holocene history of the development of the Zabieniec peatland near Lodz (Central Poland) including the anthropogenic impact	27
Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А., Днепровская В.П. Динамика площадей термокарстовых озер как индикатор климатических изменений (по данным наземного и космического мониторинга)	29
Макаренко Г.Л. О геологической природе залежей верховых сфагновых болот таежной зоны	33
Oksanen P.O. Wetland evolution and global database	35
Панов В.В. Ботанический состав отложений торфа вблизи п. Ямбург Тазовского полуострова	36
Прейс Ю.И. Региональные особенности болотообразовательного процесса в условиях континентального климата Западной Сибири	37
Рыкова В.В. Болота и заболоченные земли северных территорий: информационное сопровождение проблемы	39
Тимирева С.Н., Величко А.А. Позднеледниковая пустыня на территории западно-сибирской равнины	41

Хазина И.В., Хазин Л.Б. Ландшафтно-климатические изменения на юго-востоке Западной Сибири в голоценовое время	43
Юрковская Т.К. Пространственно-временные взаимоотношения болот и лесов в таежных экосистемах	47

SECTION 2

MIRE ECOLOGY AND BIODIVERSITY CONSERVATION (Экология болот и их роль в сохранении биологического разнообразия)

Bragg O. Applying principles from West Siberian mire science to help understand the landscape ecohydrology of Scottish blanket mire	50
Bufková I., Stibal F., and Loskotová E. Ecology and restoration of drained mires in the Sumava National Park (Czech Republic, Central Europe)	51
Van Duinen G.J., Leivits A., Timm T., Brock A.M.T., Verberk W.C.E.P., Zhuge Y., and Esselink H. Does rewetting of raised bogs rehabilitate aquatic invertebrate diversity? A comparative study between intact, degraded, and rewetted raised bogs in Estonia and the Netherlands	52
Головацкая Е.А., Ляпина Е.Е., Прейс Ю.И. Содержание и распределение ртути в западно-сибирских торфяных болотах	54
Головченко А.В., Инишева Л.И. Микробиологический мониторинг болотных экосистем Западной Сибири	55
Гончарова Н.Н. Структура растительности мезотрофных болот на юго-западе Республики Коми и их картографирование	57
Ивченко Т.Г. Структурная организация растительного покрова болот национального парка «Зюраткуль» (Южный Урал)	58
Коркин С.Е. Болотные комплексы территории природного парка «Сибирские Увалы»	60
Кукуричкин Г.М. Растительность и редкие виды на болотах северо-востока Югры	62
Lapshina E.D., Filippov I.V., and Mollicone D. Landscape-ecological mire classification on the territory of Siberian High Tower footprint near Zotino (Yenisey adjacent part of Middle Taiga of West Siberia)	64
Лебедев Ю.В. Эколого-экономическая оценка болот и заболоченных лесов	66
Маслов Б.С. Гидрогеологические условия и водное питание болот	67
Мигалина С.В. Структурные механизмы адаптации белых берез (<i>Betula pendula</i> Roth и <i>B. pubescens</i> Ehrh.) к климатическим условиям севера	70
Molenda T., Rzętała M., and Chmura D. Anthropogenic bogs of post-exploitation areas (on the example of Southern Poland)	71
Omote J. and Yamagiwa Y. Spring water river vegetation and hydric soil and water chemistry at the foot of Mt. Fuji	72
Петрова И.В., Санников С.Н. Генетическая дифференциация суходольных и болотных популяций сосны обыкновенной в Западной Сибири	74
Пименов А.В., Седельникова Т.С. Биоразнообразие хвойных на болотах Западной Сибири	76
Rzetala M., Molenda T., and Chmura D. The role of anthropogenic wetland in preserving the biodiversity of degraded areas	78
Сивков Ю.В. Мониторинг физических свойств западно-сибирских торфяников	79
Schouwenaars J.M. Developments in hydrological research for bog restoration illustrated for the Fochteloerveen in the Netherlands in the period 1975 – 2005	80
Shaw B., Shaw J., and Boles S. Testing species differences in peatmosses using microsatellite markers	81
Esselink H., Verberk W.C.E.P., and van Duinen G.J. The importance of landscape heterogeneity for animal diversity in mire restoration management	82

SECTION 3

PRIMARY PRODUCTION AND CARBON ACCUMULATION (Биологическая продуктивность и накопление углерода)

Бахнов В.К. Роль болотного почвообразования в процессе формирования наземных растений	85
Волкова Е.М., Румянцева Е.В., Кичакова Е.Г., Трофимова Е.Г. Депонирование и эмиссия углерода в болотах лесостепной зоны (Тульская область).....	87
Головацкая Е.А. Биологическая продуктивность олиготрофных и эвтрофных болот Западной Сибири	89
Головацкая Е.А., Веретенникова Е.Э. Углерод в болотных водах	90
Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д., Трусова М.Ю. Особенности микробиологической трансформации углерода в торфяниках Западной Сибири.....	91
Дергачева М.И., Потапова С.С. Поведение системы гумусовых веществ торфяников низинного типа в меняющейся естественным и антропогенным путем природной обстановке	93
Ефремов С.П., Ефремова Т.Т. Экспериментальная диагностика торфонакопления и трансформации органического вещества в лесоболотных экосистемах Западной Сибири	95
Иванова Е.С., Харанжевская Ю.А. Анализ содержания органических веществ в болотных водах верхового болота	98
Комиссаров И.Д., Сартаков М.П., Миронов А.А. Гумификация как фактор консервации органического вещества в болотных экосистемах	100
Korotova N.G. Peat Decomposition in Mire Ecosystems of Bakchar Bog under Different Hydrothermal Conditions	102
Косых Н.П. Распределение продукции и запасов фитомассы мхов по широтному градиенту	104
Кудряшова С.Я., Дитц Л.Ю. Оценка запасов углерода в почвах природных комплексов болотных систем средней тайги Западной Сибири на геоинформационной основе.....	107
Махатков И.Д., Гуцу А.В., Мозалевский О.В. Запасы и первичная продукция древостоев на оставленных карьерах грунта в условиях северной тайги Западной Сибири	109
Махатков И.Д., Косых Н.П., Романцев С.А. Запасы фитомассы и годовичная продукция верховых болот средней тайги.....	112
Миронычева-Токарева Н.П. Динамика кустарничкового яруса в болотных экосистемах таежной зоны	115
Миронычева-Токарева Н.П., Косых Н.П., Паршина Е.К. Компоненты углеродного баланса на болотах средней тайги и лесотундры Западной Сибири.....	117
Паршина Е.К. Разложение растительных остатков на верховых болотах средней тайги	119
Прейс Ю.И., Бобров В.А., Шарапова Т.А., Сороковенко О.Р. Современная аккумуляция торфа и углерода на болотах южной тайги Западной Сибири.....	122
Устинов М.Т., Казанцев В.А., Магаева Л.А., Глистин М.В. Методология мониторинга почв ресурсодобывающих территорий.....	123
Шибарева С.В. Запасы подстилок в лесах Западной Сибири	125

SECTION 4

CARBON GAS FLUXES OF NORTHERN BOGS (Газовые потоки в цикле углерода болотных экосистем)

Glagolev M.V., Maksyutov S.S., Peregon A.M., and Shnyrev N.A. The data base of CH ₄ emission from soils of Russia	128
Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А. Интенсивность продуцирования CO ₂ сфагновыми торфами в нативных условиях	130
Kutzbach L., Schneider J., Schulz S., Becker T., Wille C., Ibendorf J., and Wilmking M. Environmental controls of CO ₂ exchange of a boreal peatland on micro-site and ecosystem scale, Salmisuo, Finland.....	131

Naumov A.V., Huttunen J.T., Repo M.E., Chichulin A.V., Peregon A.M., Filippov I., Lapshina E.D., Martikainen P.J., and Bleuten W. West Siberian peatlands: comparative study of greenhouse gas emission in middle taiga and forest tundra climatic conditions	132
Панов В.В. Морфология газонакопления в торфяных болотах	136
Péli E., Czóbel Sz., Nagy J., Koronatova N.G., and Kosykh N.P. Comparison of biomass and carbon-flux data considering the role of functional groups and species diversity in two typical West Siberian peatlands	138
Peregon A., Maksyutov S., and Volosnikova T. West Siberian wetland typology map for trace gas flux and biomass inventories	141
Шнырев Н.А., Глаголев М.В. Характерные значения потоков метана из болот Западной Сибири.....	144

SECTION 5

ESTIMATION OF HUMAN ACTIVITIES RELATED TO OIL-AND-GAS PRODUCTION AND MODERN RECULTIVATION/ REMEDIATION TECHNOLOGIES (Оценка антропогенного воздействия нефтегазового комплекса на болота и современные технологии их рекультивации)

Беспалова Т.Л., Коротких Н.Н. Сохранение болотных комплексов на территории природного парка «Кондинские озера» в условиях техногенного воздействия (освоение нефтяного месторождения)	148
Бурмистрова Т.И., Алексеева Т.П., Терещенко Н.Н., Стахина Л.Д. Перспективы использования торфа для ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве	150
Карпенко Л.В. Состояние болотных экосистем в зоне техногенных воздействий	152
Лопатин К.И., Толстограй В.И. Рациональное природопользование, ресурсосберегающее проектирование и экологическая безопасность при нефтепромысловом обустройстве на болотах. Результаты инвентаризации торфяного фонда ХМАО – Югры	153
Лопатин К.И., Толстограй В.И., Женихов Ю.Н., Суворов В.И., Панов В.В. Технологии восстановления нефтезагрязненных болот и использование торфа для целей рекультивации.....	155
Панов В.В., Суворов В.И., Женихов Ю.Н., Лопатин К.И., Толстограй В.И. Оценка нефтеемкости деятельного слоя торфяных болот	156
Семенова Н.М. Болота Западной Сибири как объекты международной охраны	157
Ямпольский А.Л., Панов В.В., Лопатин К.И., Толстограй В.И. Экономическая оценка ресурсов и экологических функций торфяных болот	161
PAPER ABSTRACTS	163
AUTHOR INDEX	173

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ТОРФЯНИКИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ЦИКЛ УГЛЕРОДА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

***Материалы Второго Международного полевого симпозиума,
Ханты-Мансийск, 24 августа – 2 сентября 2007 г.***

*На обложке
озерно-болотные комплексы центральной части
Среднеобской низменности (Сургутское Полесье)
(спутниковый снимок Landsat TM)*

Техническая обработка рукописей *Н.Г. Корнатов*

Редактор *Т.С. Портнова*
Дизайн, верстка *Д.В. Фортес*

К-ОКП ОК-005-93, код продукции 953370

Изд. лиц. ИД № 04000 от 12.02.2001. Подписано к печати 03.08.2007.
Формат 60 × 84 ¹/₈. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Arial».
Усл. п. л. 20,93. Уч.-изд. л. 23,44. Тираж 200 экз. Заказ № 17.

ООО «Издательство научно-технической литературы»
634050, Томск, пл. Ново-Соборная, 1, тел. (3822) 533-335

Отпечатано в типографии ЗАО «М-Принт», г. Томск, ул. Пролетарская, 38/1

Томский госуниверситет 1878



Печная библиотека 00611632