

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

УДК 630*116.19:630*12

© 1991 г.

С. Э. ВОМПЕРСКИЙ

ЛЕС И БОЛОТО: ОСОБЕННОСТИ КРУГОВОРОТА
ВЕЩЕСТВ И ПРОЯВЛЕНИЯ БИОСФЕРНОЙ РОЛИ

Анализируются различия в функционировании лесных и болотных биогеоценозов с позиций водообмена, годичной продукции фитомассы и ее структуры, особенностей циклов углерода. Замкнутость круговорота углерода в лесах и незамкнутость его на болотах рассматриваются как главные признаки лесо- и болотообразования. Подчеркивается актуальность сопряженных оценок запасов углерода в над- и подземных частях биогеоценозов и потоков его между этими частями.

Лес, болото, обмен веществ, биосферная роль, гидролесомелиорация.

Лесо- и болотообразовательные процессы, в частности явления заболачивания и разболачивания лесов (суши) в связи с колебаниями климата и антропогенными влияниями, издавна интересовали ученых [6, 16, 21, 22, 27, 33 и др.]. Однако суть различий или сходства «леса» и «болота» как термодинамических систем, усваивающих, трансформирующих, удерживающих и освобождающих вещество и энергию, остается недостаточно понятой и изученной. Недаром возникают трудности: относить ли лесное болото к лесу или к болоту, или чем различается заболоченный лес от болотного леса.

Количественные оценки энерго- и массообмена для биогеоценозов и их совокупностей крайне трудоемки, несовершенны, малочисленны и носят пока фрагментарный характер. Это тормозит развитие биогеоценологии, ландшафтной экологии, лесоведения и других дисциплин, сохраняет дискусионность ряда фундаментальных понятий экологии («биологическое разнообразие», «стабильность», «устойчивость», корреляция их с продуктивностью и др.), поддерживает неверные или упрощенные представления о положительной связи величины первичной продуктивности биогеоценозов с проявлением ими полезных биосферных функций и т. д. По тем же причинам ограничивается разработка новых методов управления и обоснование прогнозов динамики лесов и болот при различных сценариях изменения климата и природопользования.

В данной статье анализируются главные различия в функционировании лесных и болотных биогеоценозов в отношении водообмена, годичной продукции органического вещества и ее структуры, особенностей циклов углерода. Обсуждается значение этих характеристик для проявления лесами и болотами биосферных функций, т. е. тех их средообразующих влияний, действие которых выходит за «границы» конкретного биогеоценоза или их совокупности, и влияет на газовый состав атмосферы, циклы воды,

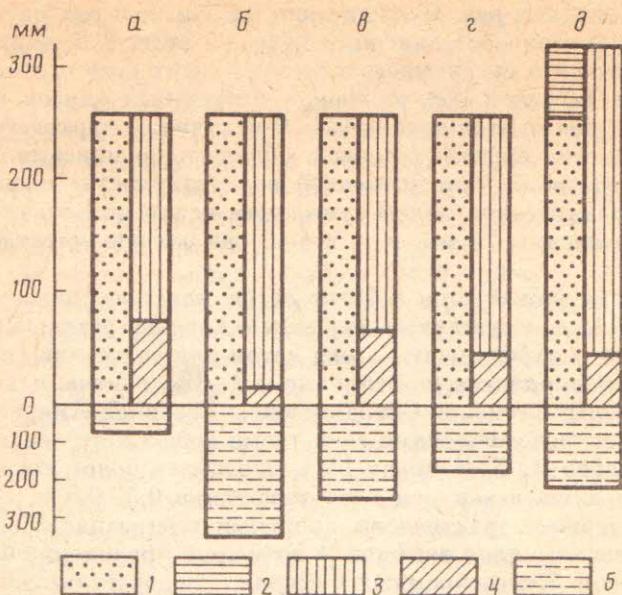


Рис. 1. Водный баланс (июнь – август) сосняка на песчаной почве, естественных и осушенных болот: а – сосняк вересковый на песчаной почве; болота атмосферного питания: б – сосново-сфагновое; в – сосново-сфагновое осушенное; г – сосняк кустарничково-сфагновый осушенный; болота грунтового питания: д – сосняк болотно-травяный осушенный.

Составляющие водного баланса: приход, 1 – осадки, 2 – грунтовый приток; расход, 3 – испарение, 4 – сток; 5 – запасы воды в почве (слой 0,5 м)

минеральных и органических веществ, а также энергии в биосфере. Уточняются понятия «болотный лес», «древесное болото», «заболоченный лес». В статье используются результаты многолетних исследований на Западнодвинском лесоболотном стационаре (Тверская обл.) сотрудников Института лесоведения АН СССР, а также литературные данные.

Хотя лесам как типу растительности принадлежит на земле ведущее место, явления заболачивания широко распространены и болота часто сопутствуют лесам. Лесные болота к тому же и весьма близки по флористическому составу с лесами. Болота мира чрезвычайно разнообразны по генезису, обводненности, составу биоты, продуктивности и встречаются всюду – от арктических до тропических широт, на разных высотных уровнях; другими словами, везде, где имеются условия избыточного увлажнения. Более всего такие условия представлены в лесной зоне северного полушария. Но заболачивание характерно и для ряда экваториальных стран. Например, в Индонезии болота занимают 17,1% ее площади, заболоченность Малайзии близка к заболоченности Британских островов [42].

Более всего болот (со слоем торфа глубже 30 см) в СССР – 150 млн. га (14% площади) и в Канаде – 129 млн. га (18,4%); точных данных о мелкоотрфованных землях нет, но, вероятно, цифры такого же порядка. Более надежные сведения имеются по заболоченным и болотным землям лесной зоны гослесфонда СССР – 229 млн. га, что составляет 21,8% его площади [32].

Особенности водообмена в лесу и на болоте. Избыток воды, обуславливающий заболачивание, образуется за счет повышенного по сравнению с испарением прихода влаги (осадки, грунтовое питание, поверхностный приток) при затрудненном стоке. Последнее условие, как правило, выражено на болоте сильнее, чем в лесу. Уже одно это ограничивает возмож-

ности болот в питании рек. Прежде всего их большой расход влаги на эвапотранспирацию, мало оставляющий воды на сток. Как видно из рис. 1, сток (приведенный к среднегодовому) с верхового болота в Западнодвинском р-не Тверской обл. за июнь — август был близок к 16—17 мм, или 6% от осадков за этот период [4]. В отличие от верхового болота сосняки вересковые на песчаных почвах, обладающие максимальными водоохранными свойствами, при невысокой продуктивности (около IV класса бонитета) и сравнительно малом суммарном испарении отдают на сток за эти же летние месяцы 76 мм, т. е. в 4—5 раз больше естественного болота (рис. 1).

Сравнительно малый сток с болот летом или прекращение его, как и испарения [31], в засушливые периоды — хорошо установленный факт, причем обычные коэффициенты стока летом для болот или сильно заболоченных бассейнов, близкие по величине к 6—8%, отмечались многими авторами для разных регионов Скандинавии и Северной Америки [1, 7, 55]. Это связано с гидрофизическими свойствами торфа и строением торфяных залежей. Согласно К. Е. Иванову [11], водообмен болот имеет место преимущественно лишь в верхнем слое торфяника 0,3—0,5 м, остальная же его толща содержит практически инертный влагозапас. Только за счет упомянутого тонкого слоя торфяника возможно проявление болотом сравнительно с лесом более скромных буферных, водорегулирующих свойств. Э. Верри, Дон Г. Болтер [1] пришли даже к выводу, что и верховые, и низинные болота не оказывают регулирующего воздействия на распределение стока. Во всяком случае, несомненно, лес имеет существенно более развитый древесный полог и большую по мощности толщу почвы, участвующей в водообмене, и потому обладает значительно лучшими, чем болото, водорегулирующими функциями [18, 26].

Одним из самых важных факторов проявления биогеоценозами водоохранных и отчасти водорегулирующих свойств является расход ими влаги на испарение. Выше отмечалось, что болота всех типов характеризуются большим, преимущественно физическим испарением. Это послужило, причем уже давно, основой мнения об отрицательном влиянии болот на водное питание рек [24]. Как следует из наших данных (рис. 1), сосново-сфагновое болото за июнь — август расходует на испарение 240 мм, а сосняк на песчаной почве — 217 мм. Можно полагать, что поздней весной и ранней осенью, когда на болотах имеются самые высокие уровни воды и достаточно тепла, преимущество их над лесом в испарении еще большее. Конечно, приведенное сравнение иллюстрирует конкретные типы, а сосняк на песчаных почвах характеризуется низким по сравнению с другими естественно дренированными и более продуктивными лесами суммарным испарением. К сожалению, экспериментальных, особенно прямых, измерений эвапотранспирации и ее структуры пока недостаточно, чтобы покрыть весь диапазон условий влаго- и теплообеспеченности разных типов болот и лесов.

Болота обладают уникальной среди других экосистем способностью постепенно накапливать в себе вместе с нарастающей массой торфа и воду, исключая ее из глобального круговорота. Способность накопления воды Ф. З. Глебов [6] даже поставил на первое место в определении понятия «болотная экосистема». Торфяная толща в условиях затопления обычно на 90—95% объема представлена водой, лишь 5—10% объема приходится на органический скелет (плюс газы). При среднем в голоцене приросте наших болот в южнотаежной зоне 0,5—0,7 мм год⁻¹, ежегодно ими изымается из круговорота слой воды порядка 0,55 мм, т. е. менее 0,07% годовой нормы осадков. Но если, например, торфяные отложения достигают здесь нередко мощности 6 м, то в них накапливается воды, как в озере глубиной около 5,0—5,5 м. Причем атмосферное поступление воды и адсорбция тор-

фом примесей делает ее чище поверхностных загрязненных вод. В этом главное водоохранное значение верховых болот¹ (а не в том, что они питают реки).

Гидролесомелиорация болот увеличивает сток с них [4, 10, 44], уменьшает почвенные влагозапасы, что соответственно уменьшает суммарное испарение за счет непродуктивного (физического). Это типично для сравнительно небогатых и бедных условий местопроизрастания, где первичная биологическая продуктивность после осушения меняется мало (хотя за счет ~~улучшения~~ ^{изменения} структуры годичной продукции в процессе улучшения роста древостой обеспечивается хозяйственный эффект). При мелиорации евтрофных лесных болот их биологическая продуктивность возрастает и потому после осушения может существенно увеличиться транспирация, тогда как физическое испарение может не уменьшиться, но уже за счет задержания осадков древесным пологом. Поэтому обычно при мелиорации низинных лесных болот по сравнению с верховыми и переходными ожидаемый повышенный сток за счет разгрузки грунтовых вод [10] иногда может не наблюдаться *in situ*, особенно если велика доля бокового притока почвенных вод, эффективно отводимых нагорными канавами или расположенными выше осушителями. Это, в частности, имело место в наших наблюдениях (рис. 1), из которых, кроме того, видно, что в целом после мелиорации лесных болот структура их водного баланса приближается к естественно дренированному лесу, но все-таки при существенно больших сохраняющихся и после мелиорации почвенных влагозапасах.

Особенности продуцирования фитомассы лесом и болотом. Болотные экологические системы (включая болотные леса) в большинстве случаев в бореальном климатическом поясе характеризуются меньшей продуктивностью, чем зональные леса [3, 8, 12, 17, 28, 51]. Некоторые типы проточных лесных евтрофных болот могут достигать уровня высших показателей первичной продуктивности естественно дренированных лесов, например высокобонитетные черноольховые леса на хорошо проточных болотах [35]. По некоторым данным [38, 48], тропические лесные и безлесные болота также могут не уступать самым продуктивным дождевым тропическим лесам. Однако в целом для главных регионов болот лесной зоны первичная нетто-продуктивность заболоченных и болотных лесов и особенно более обводненных безлесных болот обычно заметно ниже продуктивности естественных лесов дренированных местообитаний (рис. 2, А). В таежной зоне продуктивность болот, включая прирост подземных частей растений, колеблется обычно в пределах 300–1000 г·м⁻²·год⁻¹, тогда как леса продуцируют здесь примерно в 1,5 раза больше. Сопласующиеся значения отмечены для болот-плащей Англии 300–900 г·м⁻²·год⁻¹ [54], а также для болот Южной Финляндии [51], где за вегетацию эффективность усвоения фотосинтетически активной радиации (ФАР) в годичной продукции составляет: 0,7–1,5% для безлесных болот, 0,9–3,5 лесных болот и 1,4–3,3% для естественных дренированных лесов.

Существенно различие лесов и болот в фракционном составе формируемого годичного прироста фитомассы. В лесу главным компонентом среди продуцентов выступают деревья, на болотах же (даже лесных) ведущее (или значительное) место в новообразовании органического вещества принадлежит растениям нижних ярусов — болотным мхам, травам, кустарничкам (рис. 2, Б). Древостой на болоте не только худшего качества, чем в суходольных лесах, но и с иным соотношением фракционного состава фитомассы. При меньшей абсолютной величине годичной продукции де-

¹ Низинные болота тоже накапливают воду, но часто они образуются на месте водоемов, где уже был ее запас. Их водообмен за счет грунтового питания более сложен.

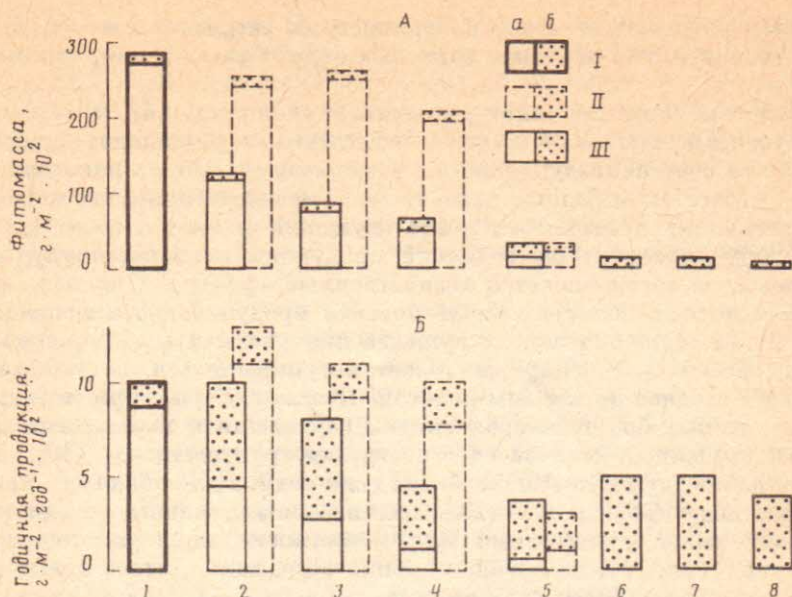


Рис. 2. Запас (А) и годовичная продукция (Б) сосняка на суходоле (I), осушенных (II) и неосушенных (III) болот.

Лес на суходоле: 1 — сосняк брусничный. Болота естественные и осушенные: 2 — сосняк болотно-травяной; 3 — сосняк осоково-сфагновый; 4 — сосняк кустарничково-сфагновый; 5 — сосново-сфагновое болото. Безлесные естественные болота: 6 — сфагновое (олиготрофное); 7 — осоково-сфагновое (мезотрофное); 8 — травяно-моховое (евтрофное). Ярусы: а — древесный, б — травяно-моховой и кустарничковый

ревьев на болоте она направляется преимущественно на формирование ассимиляционного аппарата и регенерацию ежегодного повышенного отпада корней, а не депонируется в стволовой древесине, как это имеет место в высокобонитетных суходольных древостоях.

Довольно спорным в хозяйственной практике является отнесение к лесному или торфяному фондам лесных болот с достаточно развитым древостоем на торфяниках. Нередко «живая» масса древесного яруса даже внебонитетных древостоев на болотах значительно превосходит массу растений почвенного покрова, что как будто склоняет называть их лесами. В лесоустройстве же большинства стран для отнесения болота к лесу руководствуются формальными признаками древостоя: высотой, классом бонитета, полнотой или — как в США — экономической оправданностью лесозаготовок [36].

С биогеоценологической точки зрения главным признаком разграничения леса и болота должно быть наличие незамкнутого цикла круговорота углерода на болотах, т. е. наличие аккумулятивного процесса в системе — отложение торфа и, наоборот, — сбалансированных в многолетнем периоде процессов синтеза и деструкции (выноса) органического вещества в лесу. В этом смысле независимо от степени развития древесного яруса, если идет процесс торфонакопления, — это болотный биогеоценоз. Лесные болота целесообразно подразделять на две категории. Если годичный прирост фитомассы древостоем больше прироста болотных растений нижних ярусов, то правильнее такие биогеоценозы называть «болотными лесами», а если меньше — «древесными болотами».

Понятие «заболоченный лес» характеризует промежуточное образование между лесом и болотом. Почвы могут быть минеральными гидроморфными или с незначительным слоем торфа, корни деревьев не теряют связи

с минеральной толщей грунта. Заболоченные леса при наличии интенсивного процесса торфонакопления по типу обмена веществ не отличаются от болотных лесов. Возникновение таких биогеоценозов сравнительно недавнее. Однако при той же оторфованности, но близком к балансу в многолетнем ряду лесо- и болотообразовательных процессов, их возраст, вероятно, исчисляется тысячелетиями. К сожалению, нам неизвестны специальные исследования этого вопроса.

Особенности круговорота углерода в лесу и на болоте и влияние на газовый состав атмосферы. Пожалуй, самое важное биосферное свойство экосистем — их способность поддерживать газообмен с атмосферой. Особенно актуальна проблема связывания углекислоты атмосферы и удержания ее углерода в экосистеме для предотвращения уже возникающего парникового эффекта. Общеизвестна глобальная стабилизирующая роль лесного покрова земли, причем часто подчеркивается особая роль тропических лесов, образно называемых «легкими планеты» [23]. Однако не только в популярной, но даже отчасти и в научной литературе в ходу неверные представления и оценки об изъятии CO_2 из атмосферы и выделении O_2 , определяемых только синтезом органического вещества (автотрофами) без учета «дыхания» биогеоценозов, что справедливо отметил Г. Заварзин [9]. Только разность этих процессов (поглощения и выделения углеродсодержащих и других газов) за одни и те же, но разные временные интервалы, определяет действительное влияние того или иного биогеоценоза на газовый состав атмосферы. Понятно, что знак этого влияния может меняться во времени, а совокупное воздействие должно оцениваться за длительные периоды, вплоть до времени занятия в голоцене данной территории тем или другим биомом. Рассмотрим с этих позиций, какова биосферная роль леса и болота в регулировании газового состава атмосферы.

Примерно половина сухой массы растений нормальнозольного торфа и гумуса почв составляет углерод. Эквивалентно выведенному из круговорота углероду в атмосфере накапливается кислород. Поэтому чем большие в единицу времени накапливаются запасы органического вещества в биогеоценозе — в наземной и подземной живой массе растений и других организмов, в детрите (отпаде, опаде, подстилке, торфе) и гумусе почв, тем большее воздействие на газовый состав атмосферы произведено данным биогеоценозом за это время. Отсюда следует, что любые близкие к климаксу экосистемы, имеющие в данное время близкий к нулю баланс синтеза и деструкции органического вещества, имеют и близкое к нулю влияние на газовый состав атмосферы.

Важное значение имеет длительность присутствия углерода (*residens time*), усвоенного зелеными растениями в экосистеме. В лесу преимущественная часть детрита быстро минерализуется вследствие его разложения [15, 20, 30] и вновь возвращается в атмосферу; в лесу за одно поколение масса отпада и опада превышает к спелости наличную в 3—4 раза [19]. 90—98% годичного опада в лесу разлагается за время от 0,3 года в тропиках до 2—3 лет в таежных лесах [13]. И лишь до 6—10% опада идет сначала на образование лабильного (неполностью зрелого) гумуса, впоследствии преобразуемого в стабильную форму, на долю которой приходится всего 2—3% исходного опада, но она образует основную часть почвенного резервуара гумуса [14, 15, 52]. Именно эта часть гумуса является самой старой, датирующей длительность биологического круговорота [5, 34] и она, следовательно, определяет предельный срок удержания в экосистеме углерода, ранее взятого при фотосинтезе из атмосферы. По расчетам К. И. Кобак [13], этот срок для наземных экосистем колеблется в пределах от 681 года в тропиках до 7655 в полярном поясе. По И. П. Герасимову [5], лесные подзолистые почвы характеризуются возрастом биологического круговорота в сотни лет.

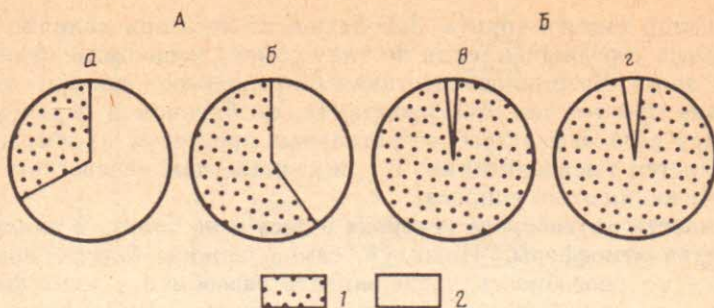


Рис. 3. Соотношение запасов углерода в фитомассе и почве лесов (А) и болот (Б): влажнотропического (а, в) и бореального (б, г) поясов.
Доля углерода: 1 — в почве, 2 — в фитомассе

В отличие от лесов на болотах опад минерализуется за первые 2 года не более чем на 60–70% в самых богатых условиях (черносольшаники, сосняки и ельники болотно-травяные), а в олиготрофных — лишь на 30% [2]. В дальнейшем неразложившиеся остатки растений консервируются в анаэробных условиях, подвергаясь лишь небольшим изменениям, а заключенный в них углерод, как и другие элементы и энергия, выключается из круговорота навечно (при современных условиях). Иначе говоря, имеет место незамкнутость биологического круговорота, что отличает болотные системы от всех других наземных. Считается, что на верховых болотах от 8 до 33% годичной продукции органического вещества идет на образование торфа [50], а на низинных — от 9 до 17% [29].

Для количественной оценки биосферного вклада того или иного леса или болота в регулирование газового состава атмосферы необходимо знание суммарного запаса углерода, накапливаемого экосистемой, и средне-взвешанный возраст его оборота. К сожалению, оценок запасов углерода (особенно в почве), и тем более длительности удержания его в экосистеме в различных формах органического вещества пока очень мало и они обычно противоречивы. Тем не менее мы попытались, используя литературные и отчасти свои данные, сделать самую грубую прикидку (рис. 3, таблица), характеризующую прежде всего с качественной стороны среднюю скорость связывания атмосферного углерода в разных лесных и болотных экосистемах.

Из рис. 3 следует, что основной пул углерода во влажно тропическом лесу содержится в фитомассе вследствие очень быстрого биологического круговорота, а в бореальном лесу — в почве и подстилке. Бореальный лес (таблица) почти не уступает тропическому в общем запасе углерода (при использовании других оценок содержания углерода в почве [52] суммарный запас углерода в бореальном лесу выше, чем в тропическом). Как следует из таблицы, больших преимуществ тропический лес перед бореальным при балансовых расчетах на среднее годовое связывание углерода не имеет, особенно если считать за большие временные отрезки (снимающие ошибки определения возраста гумуса), например, за весь голоценовый возраст бореального болота — 9500 лет.

Из таблицы также видно, что болота несравненно лучше связывают углерод атмосферы и пополняют ее запас кислорода, причем абсолютные рекордсмены — тропические болота, некоторые типы которых могут иметь древесный ярус, достигающий высоты 40 м и более при мощности сравнительно молодых торфяных отложений 10–17 м [38]. Правда, болота — особенно топяные — рассматриваются также как источник эмиссии метана, причем с понижением уровня болотных вод эмиссия метана логарифмиче-

*Общий (в фитомассе и почве) запас углерода и скорость его связывания
в некоторых лесах и болотах*

Показатель	Суходольные леса		Болотные леса	
	тропические дождевые	бореальные	тропические	бореальные
Общий запас углерода, 1000 г·м ⁻²	26,7 ^{1*}	24,3 ^{1*}	796,4 ^{1*,3*}	407,8 ^{2*}
Возраст гумуса торфа, С ¹⁴ , лет	681 ^{4*}	800 ^{5*}	4270 ^{3*}	9500 ^{2*}
Годичное связывание С, г·м ⁻² · год ⁻¹	39,2	30,4	186,5	42,9
Доля связанного С от годич- ной продукции, %	3,8	4,3	18,3	8,6
Средняя скорость связывания С в голоцене, г·м ⁻² ·год ⁻¹	2,8	2,6	83,8	42,9

^{1*} Aitay et al. [37].

^{2*} Данные автора и его сотрудников.

^{3*} Anderson [38].

^{4*} Кобак [13].

^{5*} Burkhard Frenzel [41].

ски убывает [53]. По другим данным, в том числе [49], эта связь не подтверждается, но выявляется большая пространственная и временная неравномерность выделения СН₄ болотами. Этот вопрос сейчас интенсивно исследуется, особенно за рубежом.

Ученых разных стран сейчас сильно волнует вопрос, какие глобальные последствия для цикла углерода имеет современная практика использования лесов и болот.

Прежде всего растущие объемы рубок леса, и особенно в тропическом регионе, весьма опасны. По данным ФАО, уже многие годы половина вырубаемой древесины в мире сжигается на топливо (в первую очередь в развивающихся странах) и освобождает заключенный в ней углерод. В тропиках, где наземная фитомасса — главный хранитель запасов углерода, рубка, кроме того, сопровождается быстрой потерей гумуса из почвы как путем окисления, так и с эрозией при больших нормах осадков. Да и в умеренном поясе (США, древостой лжетуги), как показало моделирование [43], потери углерода с рубкой спелого леса и его последующим использованием (освобождением углерода) не компенсируются новыми посадками леса, по крайней мере в течение 200 лет. По мнению Б. Болин [25], леса СССР больше не рассматриваются как регион глобального стока углерода, а как нетто-источник его из-за больших рубок и низкого уровня хозяйства, а леса средних широт других регионов северного полушария по сравнению с началом текущего столетия стали накопителем углерода.

Что касается болот, то максимальный вред приносит разработка торфа на топливо, приготовление компостов, а также сельскохозяйственное использование или перевод болот в другие виды пользования с отчуждением торфа или с усилением биологического окисления его углеродных запасов. В меньшей мере это относится к гидролесомелиорации, являющейся наиболее щадящим видом пользования болот. По оценке Т. В. Арментано и Е. С. Менгеса [40], поглощение углерода естественными болотами к 1990 г. за счет мелиорации уменьшилось на 21–33% — в Финляндии и СССР (вместе), в Западной Европе на 50%, а в Центральной — на 100%. К сожалению, авторы использовали очень грубые придержки в оценке биологического окисления торфа при лесных мелиорациях, располагая только осадкой поверхности болот. В целом же в мире осушено не более 10% площадей болот и влияние его пока сравнительно невелико [39]. Гораздо важнее знать углеродный баланс болот, если произойдет потепление климата.

Самое главное (в масштабе времени от позднего голоцена до наших дней), чем определяется биосферное значение экосистем — количеством накапливаемого в них углерода, изъятых из атмосферы. В этом смысле очень важное свойство — длительность удержания накопленного запаса углерода в экосистеме, т. е. максимальность времени его оборота. При эксплуатации же экосистем лучше, если вызываемая антропогенным воздействием эмиссия углерода была бы меньшая, а скорость последующего восполнения углеродного запаса бóльшая. В первом случае очевидны преимущества болот, а во-втором, вероятно, лесов.

В заключение следует отметить, что за последние десятилетия появилось много попыток определения глобального пула органического углерода в почвах и фитомассе, оценки его обмена с атмосферой и возможных изменений потоков биотического углерода при потеплении климата или разной эксплуатации экосистем [25]. При этом обнаружилось, что ошибки в оценках запаса органического вещества обусловлены неясностью резервуаров углерода в болотных почвах мира и в фитомассе экосистем тропического пояса. Прогнозирование же динамики биотического цикла углерода ограничивается острой недостаточностью экспериментальных исследований. Нужны сопряженные количественные оценки запасов углерода в над- и подземной частях биогеоценозов, потоков его между ними, а также оценки скорости биологического круговорота с привлечением радиоуглеродного датирования органического вещества почв. Использование же в моделях соответствующих разрозненных литературных оценок, обычно противоречивых даже для генетически сходных объектов, не позволяет делать надежных выводов. Специальные исследования такого рода уже предпринимаются сейчас за рубежом [46, 47] и настоятельно рекомендуются авторитетными собраниями экспертов (см., в частности, [45]). Лесоведы нашей страны не должны оказаться в стороне от разработки этих фундаментальных направлений экологии и лесной биогеоценологии.

Список литературы

1. Верри Э., Болгер Дон Г. Влияние верховых болот на распределение речного стока с малых водосборов // Междунар. симпозиум по гидрологии заболоченных территорий. Минск: Ин-т торфа АН БССР, 1972. 40 с.
2. Вожперский С. Э. Проблемы гидролесомелиорации болот и заболоченных земель // Лесоведение. 1986. № 2. С. 3–13.
3. Вожперский С. Э., Иванов А. И. Вертикально-фракционная структура и первичная продуктивность сосняков болотного ряда // Лесоведение. 1978. № 6. С. 13–27.
4. Вожперский С. Э., Сирип А. А., Глухов А. И. Формирование и режим стока при гидролесомелиорации. М.: Наука, 1988. 168 с.
5. Герасимов И. П. Современные представления о возрасте почв: Избранные труды. Эволюция и дифференциация природы земли. М.: Наука, 1990. С. 293–304.
6. Глебов Ф. З. Взаимоотношение леса и болота в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1988. 183 с.
7. Дубах А., Спарро Р. Осушение болот открытыми канавами. М.; Л.: Гос. изд-во, 1929. 423 с.
8. Елина Г. А., Кузнецов О. Л. Биологическая продуктивность болот Южной Карелии // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 105–123.
9. Заварзин Г. Грядет самый крупный кризис со времени оледенения. Готовы ли мы это понять? // Знание — сила. 1989. № 9. С. 9–16.
10. Залигис П. П. Основы рационального лесосошения в Латвийской ССР. Рига: Зинатне, 1983. 230 с.
11. Иванов К. Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов. Л.: Гидрометеонадат, 1957. 500 с.
12. Казимиров Н. И., Морозова Р. М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 175 с.
13. Кобак К. И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеонадат, 1988. 248 с.

14. Кононова М. М. Формирование гумуса в почве и его разложение // Успехи микробиологии. 1976. № 3. С. 134–151.
15. Кононова М. М., Александрова И. В. Процессы гумусообразования в почве // Труды X Междунар. конгр. почвоведов. М.: Наука, 1974. Т. 2. С. 81–90.
16. Коцеев А. Л. Заболачивание вырубок и меры борьбы с ним. М.: Наука, 1966. 167 с.
17. Медведева В. М., Егорова Н. В., Антипин В. К. Биологический круговорот азота и зольных элементов в некоторых типах заболоченных лесов и болот // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелiorацией. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 123–147.
18. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 487 с.
19. Молчанов А. А. Круговорот органического вещества в процессе роста сосняка черничника // Сообщ. Лабор. лесоведения АН СССР. 1961. Вып. 5. С. 3–13.
20. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. 5-е изд. М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. и колх. кооп. литры, 1931. 438 с.
21. Нейштадт М. И. Некоторые итоги изучения отложений голоцена // Палеогеография и хронология верхнего плейстоцена и голоцена, по данным радиоуглеродного метода. М.: Наука, 1965. С. 112–132.
22. Нейштадт М. И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М.: Наука, 1977. С. 39–48.
23. Ньюмен А. Легкие нашей планеты. Влажный тропический лес – наиболее угрожаемый биоценоз на земле / Пер. с англ. М. Исакова. М.: Мир, 1989. 335 с.
24. Оплоков Е. К вопросу о влиянии лесов и болот на питание рек в связи с новейшими данными по исследованию речного стока // Землеведение. 1905. Кн. III–IV. С. 1–53.
25. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. Л.: Гидрометеониздат, 1989. 557 с.
26. Побединский А. В. Водоохранная и защитная роль лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 176 с.
27. Пьявченко Н. И. Лесное болотоведение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 192 с.
28. Пьявченко Н. И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири // Лесоведение, 1967. № 3. С. 32–43.
29. Пьявченко Н. И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М.: Наука, 1985. 152 с.
30. Родин Л. Е., Базилиевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965. 254 с.
31. Романов В. В. Гидрофизика болот. Л.: Гидрометеониздат, 1961. 359 с.
32. Сабо Ю. Д., Иванов Ю. Н., Шагилло Д. А. Справочник гидролесомелiorатора. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 200 с.
33. Сукачев В. Н. Болота, их образование, развитие и свойства. 3-е изд. Л.: Изд-во ЛГУ, 1926. 162 с.
34. Чичагова О. А. Радиоуглеродное датирование гумуса. Метод и его применение в почвоведении и палеогеографии. М.: Наука, 1985. 157 с.
35. Юркевич И. Д., Гельман В. С., Ловчий Н. Ф. Типы и ассоциации черноольховых лесов. Минск: Наука и техника, 1968. 357 с.
36. Abernethy Y., Turner R. E. US Forested Wetlands: 1940–1980 // Bioscience. 1987. V. 37. № 10. P. 721–727.
37. Ajtay G. L., Ketner P., Duvigneand P. Terrestrial primary production and phytomass // The Global Carbon Cycle. Chichester; Wiley, 1979. SCOPE 13. P. 129–182.
38. Anderson J. A. R. The tropical peat swamps of western Malesia // Ecosystems of the World. V. 4B. 1983. P. 181–199.
39. Armentano T. V. Drainage of organic soils as a Factor in the World Carbon Cycle // Bioscience. 1980. V. 30. № 12. P. 825–830.
40. Armentano T. V., Menges E. S. Patterns of change in the carbon balance of organic soil Wetlands of the temperate zone // J. Ecol. 1986. V. 74. P. 755–774.
41. Barkhard Frenzel. Mires-repositories of climate information or self-perpetuating ecosystems? // Ecosystems of the World. V. 4A. Amsterdam et al. Elsevier Sci., 1983. P. 35–65.
42. Gore A. J. P. Introduction // Ecosystems of the World. V. 4A. Amsterdam et al. Elsevier Sci., 1983. P. 1–34.
43. Harmon M. E., Ferrell W. K., Franklin J. F. Effects of Carbon Storage of conversion of old-growth forests to young forest // Science. 1990. V. 247. P. 699–702.
44. Heikurainen L. Comparison between runoff conditions on a Virgin peatland and a forest drainage area // Proc. V Intern. Peat Congr. Warszawa, 1976. V. 1. P. 76–88.
45. Johnson M. G., Kern J. S. Sequestering Carbon in Soils: a workshop to explore the potential for mitigating global climate change. Executive summary // USEPA Environmental Research Lab. Corvallis. Oregon, 1991. P. 1–10.

46. *Kawaguchi H., Yoda K.* Carbon-cycling changes during regeneration of a deciduous broadleaf forest after clear-cutting. I. Changes in organic matter and carbon storage // *Jap. J. Ecol.* 1986. V. 35. P. 551-563.
47. *Kawaguchi H., Yoda K.* Carbon-cycling changes during regeneration of a deciduous broadleaf forest after clear-cutting. II. Aboveground Net Production // *Ecological Research.* 1989. V. 4. № 3. P. 271-286.
48. *Lieth H.* Primary productivity of major vegetation units of the world: Primary productivity of the biosphere. Berlin et al.: Springer-Verlag, 1975. P. 203-215.
49. *Moore T., Roulet N., Knowles R.* Spatial and temporal variations of methane flux from Subarctic // Northern boreal fens, global biogeochemical cycles. 1990. V. 4. № 1. P. 29-46.
50. *Pakarinen P.* Bogs as peat-producing ecosystems // *Internat. peat soc. bull.* 1975. № 7. P. 51-54.
51. *Reinikainen A., Vasander H., Lindholm T.* Plant biomass and production of the southern boreal mire ecosystems in Finland // *Proceedings of the 7th International peat congress.* Dublin, 1984. V. 4. P. 1-20.
52. *Schlesinger W. H.* Carbon balance in terrestrial detritus // *Ann. rev. ecol. syst.* 1977. № 8. P. 51-81.
53. *Sebacher D. I., Harris R. G., Bartlett K. B. et al.* Atmospheric methane sources: Alaskan tundra, bogs an alpine fen and a subarctic boreal march // *Tellus.* 1986. Ser. B. V. 38. P. 1-10.
54. *Smith R. A., Forrest G. I.* Field estimates of primary production: Production ecology of British Moors and Montane Grasslands // *Ecological Studies.* Berlin et al.: Springer-Verlag, 1978. V. 27. P. 17-37.
55. *Vidal H.* Vergleichende Wasserhaushalts und Klimabeobachtungen auf unkultivierten und kultivierten Hochmooren in Sudbayern // *Mittel. für Landkulture, Moor- und Torfwirtschaft.* 1960. B. 8. S. 50-107.

Институт лесоведения
АН СССР, Успенское,
Московская обл.

Поступила в редакцию
30.07.1991

S. E. VOMPERSKY

THE FOREST AND THE MIRE: THE SPECIFIC FEATURES OF MATTER CYCLE AND THE MANIFESTATION OF THE BIOSPHERIC ROLE

On the basis of his own studies and the data, obtained from the literature, the author analyses the main differences in forest and mire functioning for water exchange, annual organic matter production and structure and carbon cycle specific features. The closed matter circulation in forests and open circulation on bogs are viewed as main characteristics of forest and peatland formation. The biospheric role is assessed on a time scale from the later Holocene till our days according to the amount of carbon withdrawn from the atmosphere and its retention time in ecosystems.