

- 3) максимальную концентрацию нефтепродуктов в грунте под пятном загрязнения и времени его достижения;
- 4) максимальную концентрацию нефтепродуктов на границе грунтовых вод и времени его достижения;
- 5) скорость распространения фронта загрязнения с грунтовыми водами и ожидаемую концентрацию в области окрестных природоохранных объектов (река, ручей, колодец, водозабор и т.п.).

Исходными для МП являются следующие данные.

1. Географические координаты центра пролива, объем и тип (бензин, керосин, сырая нефть и пр.) пролитого нефтепродукта, а также тип аварии (наземный или подземный резервуар, нефтепровод, автозаправочная станция и пр.).
2. Данные о физико-химических свойствах нефтепродуктов.
3. Данные о свойствах грунтов.
4. Информация о техногенных объектах, деятельность которых связана с хранением значительных объемов нефтепродуктов.
5. Картографическая информация: рельеф местности, глубина залегания грунтовых вод, типы грунтов, коэффициенты фильтрации грунтов, природоохранные объекты.

Качество прогноза полученного с помощью МП зависит от полноты и точности исходных данных и может улучшено введением дополнительной информации в форме опорных географических точек, уточняющих картографическую информацию.

Для оценки адекватности модели проведены испытания на пяти объектах в Беларуси. В качестве объектов были выбраны нефтебазы и автозаправочные станции, для которых Институтом природопользования были проведены исследования по замеру концентраций нефтепродуктов. Предварительный сравнительный анализ полученного с помощью МП прогноза и результатов изменений показал, что при значительных расхождениях прогнозируемых и измеренных концентраций нефтепродуктов в отдельных точках, в целом прогноз МП не противоречит общей реальной картине загрязнения. Аналогичные исследования в настоящее время проводятся на двух объектах в Казахстане. Кроме того, Институтом природопользования проведена серия опытов, позволяющая уточнить скорость проникновения нефтепродуктов в грунте.

Предполагается, что окончательные работы по уточнению МП будут завершены в ноябре 2017 года.

УДК 630*161.32

Л. Н. Рожков, проф., д-р с.-х. наук
БГТУ, г. Минск

БОЛОТНЫЕ ЛЕСА БЕЛАРУСИ В СВЕТЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ

Болотные леса сегодня являются предметом особого внимания ученых и широкой общественности как уникальная экологическая система, обладающая щедрым богатством растительных ресурсов и биологическим разнообразием, являющаяся огромным естественным фильтром пресной воды и важным звеном депонирования углерода.

Особенно значима роль болотных лесов для Беларуси в условиях широкомасштабной осушительной мелиорации, охватившей порядка 75% площади естественных болот и избыточно увлажненных лесных земель. Это влияет на гидрологический режим всей территории республики. Возрастающие объемы строительства дорог в лесном фонде Беларуси повышают доступность ресурсов болотных лесов, интенсивная эксплуатация которых может привести к нарушению биологического разнообразия и баланса углеродных потоков («эмиссии-стока») болотных лесов.

Болотные леса, согласно классификации ЮНЕП, умеренные и северные леса пресноводных болот – леса, произрастающие на болотах в областях с умеренным и холодным климатом. Для них характерны болотные почвы.

Болотные леса Беларуси занимают 1730,5 тыс. га покрытых лесом земель с общим запасом 245,83 млн. м³. Преобладают болотные леса низинного типа (82,7 %), серий типов леса папоротниковой (29,9 5%), таволговой и крапивной. Долгомощная (болотных лесов)серия типов переходных болот также значительная (10,3 % от общей площади болотных лесов).

Сосновая формация болотных лесов занимает 1,9 % покрытых лесом земель; наиболее представлены березовая (39,4 %) и черноольховая (34,5 %) формации. Средний бонитет болотных лесов – 2,8, средняя полнота – 0,63. Молодняки занимают 22,3 %, средневозрастные – 43,8, приспевающие – 17,8 и спелые и перестойные – 16,1 % покрытых лесом земель. Средний запас на 1 га болотных лесов 142 м³, в том числе ельников – 189, черноольшанников – 158, березняков – 189, сосняков-91 м³ на 1 га.

Влияние болотных лесов на водный баланс территории, в том числе их водоохранное и водорегулирующим значение – предмет спорных дискуссий. Отсюда разные взгляды не целесообразность или недопущение гидроресомелиорации земель лесного фонда. Это следствие неоднозначных оценок эффекта осушительной мелиорации лесов и болот в Российском Нечерноземье и Белорусском Полесье [1, 2, 3].

Одна точка зрения основана на представлении о болотах и заболоченных землях как аккумуляторах пресной воды, регуляторах стока и питания рек, поддерживающих высокую водность рек. Следовательно, массовое осушение болот и других заболоченных земель, в том числе и заболоченных лесов, ухудшает гидрологический режим рек, вызывает их обмеление [3, с. 27].

Другая точка зрения констатирует, что болота снижают водность рек [3, с. 28], после осушения увеличивается суммарный и меженный сток [2, с.30], «в действительности болота вовсе не являются регулятором питания рек и роль их в этом отношении как раз обратная [4, с. 71]». Массовое осушение болот, заболоченных лесов и лугов вызывает локальное обмеление ручьев и небольших речек, связанное с понижением уровня грунтовых вод близ гидромелиоративных объектов, тогда как водность более крупных рек меняет мало и даже несколько увеличивает [3, с. 30].

Приведем некоторую информацию о динамике болотных земель в белорусской части водосбора р. Неман[5].

В 60-е годы истекшего столетия, до начала широкомасштабной осушительной мелиорации в Беларуси, болота занимали 7,5% общей площади водосбора Немана, сегодня – 1,9%. Осушительной мелиорации подвергнуто 74% естественных болот. В целом осушительная мелиорация болот и избыточно увлажненных земель проведена на 12,4% площади водосбора р.Неман.

Сегодня в белорусском водосборе Немана сохранилось 88,5 тыс. га естественных болот и 245,0 тыс. га болотных лесов, что составляет 7,3% площади водосбора Немана. Эти земли на 92,5%, т.е. практически все, сосредоточены в государственном лесном фонде.

Мы изучали динамику речного стока в водосборе Немана на основе информации о среднемесячных расходах воды по гидрологическому посту р. Неман – Гродно за период 1950–2012 гг. Площадь водосбора составляет 33 600 км². Для анализа выделен ряд периодов:

- 1950–1960 гг., как исходный период до проведения осушительной мелиорации в исследуемом регионе;
- 1961–1971 гг., как период интенсивной осушительной мелиорации;
- 1971–1980 гг., как период высокоэффективной работы гидромелиоративной сети;
- 1981–1990 гг., как период пониженной эффективности работы гидромелиоративной сети;
- 1991–2000 гг., как период дальнейшего снижения эффективности работы гидромелиоративной сети;
- 2001–2012 гг., как период действия гидромелиоративной сети, требующей капитальной реконструкции.

Таблица 1 – Объемы стока воды р. Неман

Период, лет	Объем стока воды		Изменения среднегодового стока по отношению к периоду 1950–1960 гг.	
	общий	среднегодовой		
	км ³ /период	км ³ /год	± км ³	± %
1950–1960	68,35	6,21		
1961–1970	56,88	5,69	–0,52	–8,4
1971–1980	62,14	6,21	0	0
1981–1990	60,99	6,10	–0,11	–1,8
1991–2000	58,73	5,87	–0,34	–5,5
2001–2012	67,23	5,60	–0,61	–9,8
1961–2012	305,97	5,88	–0,33	–5,3

Из данных таблицы 1 заметна устойчивая тенденция возрастающего снижения стока воды реки Неман: среднегодовой сток за истекшие 50 лет уменьшился на 0,33 км³ (минус 5,3%). Причинами этой закономерности могут быть гидромелиорация, хозяйственная деятельность, ход атмосферных осадков и др.

По заключению В. В. Степанчика [6, с.104], обобщившего исследования ряда ученых о стоке р. Неман, основная причина снижения стока р. Неман – увеличение доли летних осадков и расход их на испарение, транспирацию и выполнение влаги в почве, дефицит которых образовался из-за снижения доли весенних осадков. Нет оснований утверждать о достоверном влиянии гидромелиорации на сток реки Неман [6]. По нашему мнению, этот вывод небесспорен и необходимы дополнительные исследования. Об этом свидетельствуют наши данные о распределении среднегодового стока р. Неман по месяцам года [5, с.45].

В таблице 2 приведены данные о распределении стока р. Неман по месяцам года. Несмотря на незначительные (в пределах от одного до четырех процентных пунктов) разно-векторные отклонения величины стока, можно констатировать о сложившейся неизменной региональной структуре стока р. Неман во все наблюдаемые периоды.

Таблица 2 – Распределение среднегодового стока р. Неман по месяцам года

Период, лет	% речного стока по месяцам года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1950–1960	6	7	11	22	9	6	5	5	5	7	9	8
1961–1970	5	5	12	24	11	8	5	5	5	6	8	6
1971–1980	7	7	11	18	9	6	6	6	6	8	8	8
1981–1990	9	8	11	17	9	8	6	5	6	7	7	7
1991–2000	9	9	14	16	9	7	6	5	5	6	7	7
2001–2012	8	9	13	15	9	7	6	6	6	6	8	7
1961–2012	8	8	12	18	9	7	6	5	6	7	7	7

На два месяца весеннего снеготаяния (март–апрель) приходится ≈30% речного стока, на четыре месяца межлетнего периода (май–август) ≈27%, на три осенних месяца (сентябрь–ноябрь) ≈20% и три зимних месяца ≈23% годового речного стока.

Болотные леса, как известно, признаны природными экосистемами повышенного разнообразия. Например, в бассейне р. Неман болотные леса представлены в 21 (из 30) видах объектов социально-экологического и историко-культурного значения. Занимая 14,06 % площади лесных земель водосбора р. Неман, болотные леса занимают 26,4 % площади особо защитных участков леса, выделенных в лесном фонде водосбора. Это свидетельствует об их высокой природоохранной ценности. Особенно велико присутствие болотных лесов среди таких объектов, как особо охраняемые части заказников, участки леса с наличием редких птиц, диких животных и дикорастущих растений, вдоль рек, заселенных бобрами, вокруг глухариних токов. Заросли кустарников, как ключевые объекты для экологических коридоров и мест обитания диких животных и птиц, на 95,3 % являются болотными растительными сообществами.

За истекшие пять десятилетий после осушительной мелиорации в водосборе р. Неман произошли существенные изменения в структуре болотных лесов: практически исчезли леса на болотах верхового типа, значительно увеличилась доля лесов на болотах низинного типа. Изменилась типологическая структура лесов: исчезли ельники и осинники сфагновые, березняки багульниковые, сосняки папоротниковые, черноольшанники осинники приручейно-травяные, березняки таволговые; сохранилось до 0,5% сосняков и березняков сфагновых; зафиксированы новые типы лесов, как ельники осоково-сфагновые, березняки осоково-травяные, черноольшанники касатиковые.

Нельзя обойти вниманием еще одну функцию болотных лесов – источника секвестра атмосферного диоксида углерода. Парижское климатическое соглашение наконец-то, в противовес Киотскому протоколу, признало, что сокращение выбросов и поглощения углекислого газа от лесных экосистем имеют решающее значение для смягчения последствий изменения климата. Парижское соглашение предполагает стимулировать развивающиеся страны в части лесоразведения и непревышения допустимой рубки лесов. Непонятно, почему речь только о развивающихся странах, в остальных допустимо обезлесение и деградация лесов? В свете Парижского соглашения рассмотрим роль болотных лесов как аккумулирующего звена в балансе «стока-эмиссии» углекислого газа.

В табл. 3 представлен углеродный бюджет болотных лесов. Основные запасы углерода (93,9%) накоплены в почве болотных лесов. На долю углерода фитомассы приходится всего 5,6% лесоболотного пула углерода. В малый биологический круговорот включено лишь 32,0% запасов углерода болотных лесов (фитомасса + мертвая древесина + подстилка + органический углерод 30-сантиметрового слоя почвы); заметим, что в лесах по суходолу весь депонированный углерод (100%) сосредоточен в зоне обмена (круговорота) между живой и неживой компонентой лесной экосистемы. В этом состоит важная функция белорусских болотных лесов – консервация атмосферного углерода в виде торфа (приблизительно 1,2 млрд. т С, или 68,0% от его общих запасов на покрытых лесом землях).

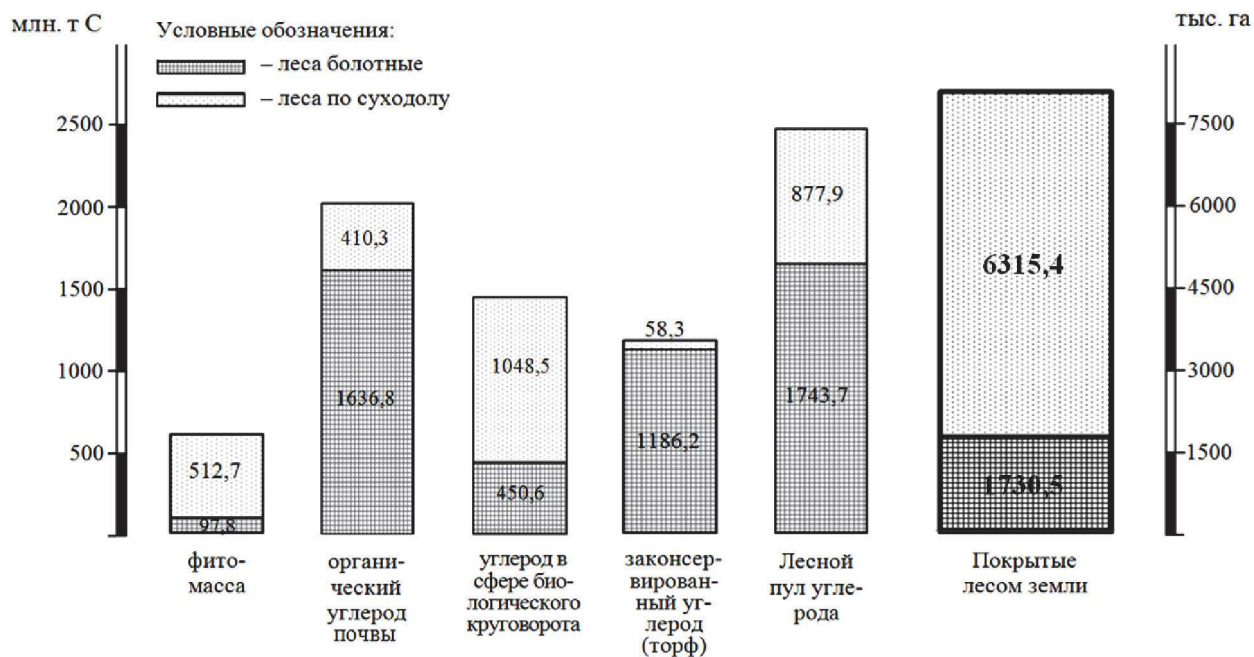
Таблица 3 – Запасы углерода в болотных лесах Беларуси, тыс. т С (покрытые лесом земли)

Серия типов леса	Фитомасса			Мертвая древесина	Лесная подстилка	Органический углерод почвы				Лесоболотный пул углерода
	надземная	подземная	итого			подвижный	стабильный	законсервированный (торф)	итого	
Сфагновая	146	90	236	6	12	915	1 830	12 088	14 833	15 087
Долгомошная (болотных лесов)	6 293	1 172	7 465	230	634	15 495	30 990	85 624	132 109	140 438
Багульничья	4 698	815	5 513	185	392	10 147	20 294	107 567	138 008	144 098
Осоковая	16 500	3 140	19 640	620	948	35 948	72 346	452 364	560 658	581 866
Таволговая	11 136	2 070	13 206	375	724	16 927	33 850	166 803	217 580	231 885
Приручейно-травяная	3 795	715	4 510	124	282	6 923	13 845	18 773	39 541	44 457
Злаково-пойменная	749	147	896	27	55	283	566	1 534	2 383	3 361
Папоротниковая	28 822	5 259	34 081	1 064	2 276	39 485	78 970	313 817	432 272	469 693
Крапивная	10 238	2 014	12 252	354	815	23 932	47 865	27 662	99 419	112 840
Всего	82 377	15 422	97 799	2 985	6 138	150 055	300 556	1 186 192	1 636 803	1 743 725

Сравнительная продуктивность лесов республики по запасам древесины и углерода (рисунок) свидетельствует, что в лесном углеродном пуле (2743,6 млн. т С, включая мертвую древесину и лесную подстилку) на лесоболотный пул приходится 63,6%, причем законсервированный благодаря болотным лесам республики углерод составляет 43,2%.

В малый биологический круговорот лесов республики вовлечено 1499,1 млн. т С (54,6% депонированного лесами углерода). 450,6 млн. т С в слое почвы ≤ 30 см болотных лесов составляют ближайший резерв органического углерода почвы для вовлечения в биокруговорот при ускорен-

ной минерализации почвенного гумуса, например, после лесоосушения или вырубке древостоя и т. п. В этой связи предпочтительна сдержанная эксплуатация болотных лесов, поскольку в первую очередь в звено эмиссии включается углерод фитомассы, детрита и верхнего слоя почвы.



Сравнительный углеродный бюджет лесов Беларуси, в том числе болотных и по суходолу (покрытые лесом земли)

В болотных лесах накоплены значительные древесные запасы – 245,83 млн. м³. Заготовка древесины в них затруднена по причине недостаточной транспортной доступности. Рентабельность лесовыращивания в неосушенных сосняках верховых болот и мягколиственных насаждениях переходных и низинных болот крайне низкая, скорее отрицательная; такие болотные леса занимают около 77% их общей площади. В то же время стоимость депонированного углерода в лесоболотных экосистемах примерно в 2,5 раза превышает стоимость древесных запасов, накопленных болотными лесами.

В нерентабельных для лесозаготовок болотных лесах (порядка 1,3 млн. га) за счет продажи углеродо-квот текущего прироста можно получать ежегодно доход в сумме 47 млн. дол. США. При этом также обеспечивается сохранение биологического разнообразия болотных лесов. Такой подход к организации лесопользования в болотных лесах Беларуси может заинтересовать международные экологические фонды и способствовать доступу республики на международные рынки свободных углеродных квот.

Таблица 4 – Динамика углеродного бюджета лесов Беларуси (покрытые лесом земли)

№	Показатели	Единица измерения	Год учета		
			1956	2011	Изменение
1	Покрытые лесом земли	тыс. га	6366,1	8045,9	+1679,8
2	Общий древесный запас	млн. м ³	334,72	1596,7	+1261,98
3	Лесной пул углерода	млн. т С	1381,4	2743,6	+1362,2
	В том числе:				
3.1	болотные леса	млн. т С	1238,8	1753,2	+514,4
3.2	леса по суходолу	млн. т С	142,6	990,4	+847,8
4	Среднепериодичное (1956–2011 гг.) годовое депонирование углерода	т С/га·год	+2,25		
	В том числе:				
4.1	болотные леса	т С/га·год	+0,72		
4.2	леса по суходолу	т С/га·год	+2,35		

Окончание таблицы 4

№	Показатели	Единица измерения	Год учета		
			1956	2011	Изменение
5	Секвестр (консервация) атмосферного углерода лесами	т С/га·год	+0,37		
5.1	В том числе: болотные леса	т С/га·год	+0,56		
5.2	леса по суходолу	т С/га·год	-0,004		

Из анализа данных табл. 4 вытекает закономерность устойчивой в течение последнего полувекового периода динамики стока атмосферного диоксида углерода: среднее за 1956–2011 гг. годовое депонирование углерода составило +2,25 т С/га·год, в том числе в болотных лесах +0,72 и по суходолу +2,35 т С/га·год.

Положительная динамика углерододепонирования характерна как для суходольных, так и болотных лесов Беларуси. Болотные леса в 3,26 раза менее продуктивны по показателю углерододепонирования по сравнению с суходольными, что коррелирует с древесиноплодностью.

Прямо противоположная тенденция наблюдается в процессе консервации атмосферного углерода лесами. Суходольные леса Беларуси практически не способны в силу их легкого гранулометрического состава и невысокой влажности обеспечивать длительную консервацию органического углерода почвы. В то же время болотные леса Беларуси в настоящее время являются значительными хранилищами дополнительного секвестра углерода: приблизительно 1,2 млрд. т С при ежегодном приросте 0,56 т на каждом гектаре. Можно утверждать, что благодаря болотным лесам Беларуси потенциальный секвестр углерода составляет ежегодно 3,5 млн. т в эквиваленте атмосферного диоксида углерода.

Выводы. Болотные леса Беларуси являются огромным хранилищем (1,75 млрд. т) углерода, в том числе законсервированного в виде торфа 1,19 млрд. т С, с перспективой потенциального секвестра ежегодно 3,5 млн. т в эквиваленте атмосферного диоксида углерода. Значительные запасы углеродного бюджета болотных лесов (450,6 млн. т С) сосредоточены в зоне ближайшего резерва круговорота и при определенных условиях (лесоосушение, вырубка древостоя) являются потенциально возможными активными участниками углеродного обмена, тем самым источником эмиссии диоксида углерода. В этой связи предпочтительна сдержанная, лучше недопущение, эксплуатация болотных лесов. Порядка 1,3 млн. га болотных лесов Беларуси нерентабельны для лесозаготовок и могут быть включены в оборот международного обмена на рынке свободных углеродо-квот для продажи ежегодно 6,0 млн. т текущего прироста депонированного диоксида углерода, что обеспечивает доход в сумме 47 млн. дол. США.

Список использованных источников

1. Сукачев, В.Н. Взаимоотношение леса с болотом и лугом. – В кн.: Сукачев В.Н., Богданов П.Л., Соколов С.Я., Шенников А.П. Дендрология с основами лесной геоботаники. – Л.: Гослестехиздат. – 1954. – С. 287.
2. Пьявченко, Н.И. О взаимоотношениях леса и болота. – Лесоведение, 1980, №3. – С. 24–33.
3. Рахманов, В.В. Влияние осушения заболоченных лесов на сток рек. – Лесное хозяйство, 1985, №8. – С. 27–33.
4. Сукачев, В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства. – Л.: Изд. Лесного инта, 1925. – 71 с.
5. Рожков Л.Н. Анализ состояния и использования болотных лесов. // Бассейновый подход к управлению лесами бассейна р. Неман. – Минск: РУП «Белгослес», 2014. 243 с.
6. Степанчик В.В. Анализ влияния гидромелиорации на речной сток, водный режим почв, почвенный покров // Бассейновый подход к управлению лесами бассейна р. Неман. – Минск: РУП «Белгослес», 2014. 243 с.