

УДК 630*385.114

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-27-39

ФОРМИРОВАНИЕ И ДИНАМИКА БИОТОПА КУЛЬТУР СОСНЫ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ПОСЛЕ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

Б.В. Бабиков, д-р с.-х. наук, проф.; *ResearcherID:* [AAM-9500-2020](https://orcid.org/0000-0003-3280-572X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3280-572X>

М.Б. Субота, канд. с.-х. наук, доц.; *ResearcherID:* [AAM-9484-2020](https://orcid.org/0000-0003-3721-8604),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3721-8604>

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021; e-mail: babikov_boris32@mail.ru, subota_m@mail.ru

Болота в лесном фонде России занимают более 12 % территории, превышая 100 млн га. В основном это облесенные болота с низкобонитетными древостоями. Значительная часть, преимущественно олиготрофных болот, вообще безлесна. Около 60 % болот евтрофного и мезотрофного типов являются потенциально богатыми питательными веществами. Здесь успешному росту леса мешает только избыток воды. В мировом лесном хозяйстве накоплен большой опыт регулирования водного режима почв посредством гидромелиорации (осушения). В России имеются классические примеры, когда на территориях в несколько тысяч гектар после гидромелиорации формировались древостой I класса бонитета. Примером может служить Хейновское болото площадью более 2 тыс. га, расположенное в Лисинском учебно-опытном лесхозе Санкт-Петербургского лесного института, осушенное в 1847 г. Однако достаточно примеров и неудачного осушения. Большая часть осушаемых болот до осушения была покрыта лесом. Гидромелиорация улучшила условия роста всех имевшихся до осушения древостоев, но на бедных евтрофных болотах рост леса недостаточно хорош. Цель исследования – изучение вновь созданных насаждений на осушенной территории с учетом всего цикла формирования биотопа и его изменений во времени. Для этого был заложен опытный участок на евтрофно-мезотрофном безлесном торфянике, где проведено осушение с помощью частой сети мелких канавок (борозд), сформированных двухотвальным плугом (каналокопателем) и выведенных в каналы осушительной сети, что обеспечивало постоянный отвод воды. По пластам, образовавшимся вдоль борозд, при участии автора созданы лесные культуры. Оценка изменения состояния насаждения проводилась регулярно через 5–10 лет в течение почти 60 лет. Исследования показали, что уже в первые годы после удаления избыточной воды вследствие лучшей прогреваемости почвы произошла осадка и сработка торфа. При глубине 0,4...0,5 м через 20 лет после посадки культур глубина торфа уменьшилась почти в 2 раза. Под влиянием осушения и появившегося насаждения изменился живой напочвенный покров. Исходный (болотный) тип почвообразования сменился дерновым, сформировалось высокобонитетное высокопродуктивное насаждение. При сопоставлении показателей этого искусственного насаждения и древостоев естественного происхождения по таблицам хода роста установлено, что запас созданного насаждения в 50-летнем возрасте почти в 2 раза превышает запас естественно возникшего древостоя. Можно предположить, что при выращивании древесной массы целевого назначения за 100 лет можно собрать два «урожая». За 50-летний период произошли изменения торфяной почвы. За счет интенсивного разложения торфа снизилось содержание углерода (С) и повысилось содержание общего азота (N), о чем свидетельствует уменьшение соотношения С : N. Проявилось формирование структуры в торфяной почве. Отмечено начало подзолообразовательного процесса. Вероятно, наличие хвойного опада повысило актуальную и гидролитическую кислотность.

Для цитирования: Бабилов Б.В., Субота М.Б. Формирование и динамика биотопа культур сосны на торфяных почвах после гидромелиорации // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 4. С. 27–39. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-27-39

Ключевые слова: биотоп, гидромелиорация, водный баланс, водное питание, норма осушения.

Введение

Торфяные болота занимают около 12 % территории лесного фонда России [14], в большинстве своем они относятся к потенциально богатым питательными веществами землям. П.И. Жудра еще в 1896 г. отмечал, что «...если успешному росту леса препятствует только избыток воды, то осушение дает высокий эффект». Торфяные болота подразделяются на верховые (олиготрофные), переходные (мезотрофные) и низинные (эвтрофные).

Трофность – показатель богатства торфа (содержания в нем питательных веществ, прежде всего азота, фосфора и калия) определяется типом водного питания (поступлением воды). Если вода на участок поступает сверху (атмосферное питание), то она не содержит питательных веществ и в таких условиях образуются бедные олиготрофные верховые болота. При поступлении воды снизу (грунтовое питание) она промывает почву, принося питательные вещества. В данных условиях возникают низинные (эвтрофные болота). Низинные болота могут возникать и при подъеме воды в реках в период весеннего половодья, временно затопляющем надпойменную террасу мутной водой. В такой воде обычно содержатся питательные вещества, здесь образуются низинные (эвтрофные) болота пологих пойм. Большое количество этих болот появилось, например, в низинах равнинных пологих участков Мещерской низменности, что прекрасно описано в повести «Мещерская сторона» К. Паустовского: «В Мещерском крае можно увидеть лесные озера с темной водой, обширные болота, покрытые ольхой...». Наличие ольхи уже свидетельствует о богатстве почвы.

На болотах обычно произрастают низкобонитетные древостои [16, 21]. Около 30 % болот, преимущественно олиготрофного типа, вообще безлесны, но более 60 % болот представлено богатыми торфяниками эвтрофного или мезотрофного типов. Потенциально здесь можно выращивать высокобонитетные древостои, но успешному росту леса и любой растительности мешает избыток воды [18]. Регулирование увлажнения посредством гидромелиорации позволяет на мелиорированных территориях выращивать высокопродуктивные древостои. В производственной специальной терминологии гидромелиорацию называют осушением болот, что в средствах массовой информации нередко представляется как осушение, приводящее к уничтожению болот. Фактически цель такого осушения – понижение уровня грунтовых вод на глубину 30...40 см (норма осушения) неглубокими канавами. При этом болото как аккумулятор и хранитель воды сохраняется [6], а условия роста леса улучшаются [5]. В практике ведения лесного хозяйства примеров такого осушения с выращиванием высокобонитетных древостоев множество. Например, на осушенном в 1841 г. Суландском болоте в Лисинском учебно-опытном лесхозе Санкт-Петербургского лесного института в настоящее время произрастает высокобонитетный сосновый древостой с запасом древесины до 600 м³/га [12]. Болото в осушенном состоянии до сих пор сохра-

няет запасы влаги. Весной грунтовые воды здесь располагаются у поверхности почвы, а иногда выходят на поверхность. К началу вегетации сохранившаяся сеть осушительных каналов отводит поверхностные воды. Летом за счет суммарного испарения, в котором определяющую роль играет транспирация влаги древостоем, грунтовые воды понижаются до 0,4...0,5 м и более. Водобалансовые исследования показали, что на суммарное испарение в летний период расходуется большая часть влаги выпавших осадков. Летом в годы с большим количеством осадков в зависимости от интенсивности осушения на суммарное испарение расходуется 80...85 % выпавших осадков, в засушливые (маловодные) годы – 90...95 %.

Для комплексной оценки влияния гидромелиорации на формирование и динамику соснового биотопа в Ушакинском лесничестве бывшего Тосненского лесхоза (до введения нового Лесного кодекса) в 1958 г. был подготовлен стационарный опытный участок и созданы посадкой культуры сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). Цель исследования – изучение вновь созданных насаждений на осушенной территории с учетом всего цикла формирования биотопа и его изменений во времени.

Объекты и методы исследования

В 1959 г. заложен стационар и начаты исследования роста культур сосны и формирования сосновых насаждений в условиях торфяников мезотрофного типа, а также изменения лесной экосистемы (фитоценоза) во времени. Общая площадь стационара 43 га. Положение участков ровное, микрорельеф представлен кочками преимущественно из кукушкина льна и сфагновых мхов.

Живой напочвенный покров в основном состоял из растений, типичных для богатой торфяной переувлажненной почвы с проточным увлажнением, в нем преобладали: осока вздутая (*Carex inflata*), кукушкин лен (*Politrium commune* L.), луговик извилистый (*Dechampsia flexuosa* L.), иван-чай – кипрей (*Hamaerium angustifolium*), мятлик болотный (*Poa palustris* L.), звездчатка ланцетная (*Stellaria holostea* L.), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.).

Глубина торфа в начале исследования составляла 40...50 см. Морфологическая характеристика почвы:

0...3 см – дернина из болотных растений и растительных остатков;

4...27 см – темно-коричневый торф, степень разложения около 40 % с вкраплением минеральных частей;

28...48 см – темно-бурый торф, пронизанный отмершими корнями осок, степень разложения более 50 %, в нижней части сильно минерализованный;

49...74 см – суглинок темноватого цвета с ржаво-бурым железистыми пятнами, пронизанный отмершими корнями осок;

75...100 см – тяжелый суглинок с хорошо выраженными признаками оглеения.

Почва торфяно-перегнойная, глеевая с выраженным слоем дернины с крупными микроповышениями (кочками) из кукушкина льна. Агрохимическая характеристика почвы участка 1 приведена в табл. 1. Опытный участок расположен на периферийной части обширного болота «Гладкое» [10]. На участке сохранились старые заросшие каналы вдоль квартальных просек.

Таблица 1

Агрохимические показатели почвы (1959 г.)

Глубина взятия образцов, см	Степень разложения, %	Зольность, %	рН _{водн}	рН _{солев}	ГК	S	V, %	Об- щий азот, %
					мг-экв. / 100 г почвы			
3...10	20	7,7...22,0	4,7	4,0	31,4	3,8	10,8	1,21
11...20	35	12,7...30,1	4,6	4,1	30,2	5,0	14,2	1,24
21...30	40	28,0...31,0	4,6	4,2	45,2	5,6	11,2	1,14
31...40	50	34,0...58,0	4,5	4,5	40,3	5,0	8,8	1,41

Примечание. рН_{водн} – актуальная кислотность; рН_{солев} – обменная кислотность; ГК – гидролитическая кислотность; S – сумма поглощенных оснований; V – степень насыщенности основаниями.

Данные табл. 1 показывают, что торфяная почва с хорошо разложившимся торфом отличается высокой зольностью. По богатству почвы – это торфяник переходного типа, близкий к низинному.

При создании лесных культур осенью 1959 г. территория участка прошла специальную подготовку. Для этого каналокателем ЛКА-2 на тяге двух тракторов С-80 через 3...4 м проведены мелкие канавки (борозды) глубиной 30...40 см. Толщина пластов – 15...20 см, их ширина – 40...60 см. По обе стороны борозд образовалось по два пласта, которые были прикатаны гусеницами трактора (рис. 1).



Рис. 1. Подготовка почвы при создании лесных культур

Fig. 1. Soil preparation in development of forest plantations

Борозды, которые выведены в расположенные вдоль квартальных просек осушительные каналы, обеспечивали постоянный отвод воды. Наблюдения показали, что в течение вегетационного периода в бороздах воды не было, она появлялась только кратковременно в период дождей, что позволило корням расти под дном борозды и формировать симметричность корневой системы. Годы исследований существенно различались по водности, что отразилось на положении грунтовых вод в разные годы (табл. 2).

Таблица 2

Глубина грунтовых вод (см) на постоянных пробных площадях

Год	Месяц				
	V	VI	VII	VIII	V-VIII*
1962	23	25	18	28	23,5
1963	22	53	59	60	48,5
1964	25	46	100	61	65,5

*Среднее значение.

Осадков в мае 1962 г. выпало 443 мм при норме 386 мм, в 1963 и 1964 гг. их было в 2 раза меньше. Среднесуточное понижение грунтовых вод составляло 3,5...4,0 см, обеспечивая их устойчивое понижение в течение всего периода вегетации. Вероятно, на положение грунтовых вод оказывает влияние и транспирационный расход влаги развивающегося насаждения, достигшего в 1964 г. смыкания крон в рядах.

Лесные культуры созданы в мае 1959 г. посадкой под меч Колесова 2-летних сеянцев сосны. Расстояние между посадками в рядах около 0,7 м. Расстояние между рядами в зависимости от расстояния между бороздами варьирует в пределах 1,5...3,0 м. Приживаемость культур составила 96 %. Уход за посадками заключался в частичной оправке саженцев, выжатых при заморозках на почве весной 1960 г. Уходов в виде прополки не требовалось, так как в первые два года на широких пластах травянистой растительности не было. На 2- и 3-й год между рядами культур появился иван-чай (кипрей), с годами обильно разросшийся и господствовавший в культурах на протяжении 4–5 лет. Вначале он почти обгонял сосну. По мере роста культур годичный прирост сосны в высоту увеличивался и в первые 3–4 года составил 30...40 см в год. К 5-летнему возрасту средняя высота сосны – 1,36 м, диаметр ствола у корневой шейки – 4,2 см, диаметр кроны – 83 см, ее высота – 112 см. В культурах 5–6-летнего возраста отмечается смыкание крон в рядах, а к 10-летнему возрасту деревья уже имели сомкнутые кроны, и между рядами исчез кипрей. Рост сосны характеризовался исключительно высокими значениями. Следует отметить, что под соснами 10–12-летнего возраста появились и обильно встречались в течение 1–2 лет грибы маслята, далее они исчезли.

При создании лесных культур в производственных условиях их успешному росту часто может препятствовать появление самосева лиственных пород, обычно березы или осины. Без их удаления созданные хвойные культуры могут быть вытеснены растениями лиственных пород. В высокобонитетных сомкнутых культурах появление лиственных древесных растений ограничено. В наших условиях на опытных участках появившиеся отдельные лиственные деревья удалялись. Для предотвращения возможного лесного пожара и перехода его в верховой в 15-летнем возрасте была проведена обрубка нижних усыхающих сучьев (рис. 2). В 10-летнем возрасте сформировалось сомкнутое насаждение с запасом около 50 м³/га. Традиционные рубки ухода не проводились.



Рис. 2. Культуры сосны в 15-летнем возрасте

Fig. 2. 15-year-old pine plantations

Изменение таксационных показателей сосны по мере ее роста и развития приведено в табл. 3.

Таблица 3

Динамика таксационных показателей культур сосны

Год/ возраст	Средние		Количество деревьев, экз./га	Запас, м ³ /га	Полнота древостоя	Годичный прирост, м ³ /га	Класс бонита
	высота, м	диаметр, см					
1964/5	1,4	4,2	4600	—	—	—	—
1970/11	4,9	6,5	4500	55	1,00	5,0	1
1978/18	8,1	9,6	3786	121	1,06	8,3	1a
1984/26	13,2	11,4	2166	223	1,10	12,5	1a
1995/36	18,5	16,3	1887	321	1,10	10,1	1a
2016/57	26,2	21,7	1190	525	1,08	9,5	1a

Анализируя ход роста соснового насаждения и сопоставляя рост естественно сформировавшихся сосновых древостоев и искусственно созданных насаждений – лесных культур, можно отметить существенные различия. В естественных древостоях, начиная с их появления, больше деревьев на единице площади, выше и густота насаждения, которая достигает 6...8 тыс. экз./га с полнотой около 1,00, постепенно снижаясь с возрастом. Согласно таблицам хода роста [9], в составе древостоя 1-го класса бонитета в 20-летнем возрасте было 4631 дерево. Высота древостоя – 7,6 м, его запас – 83 м³/га.

При создании культур сосны было высажено около 4800 саженцев, в 20-летнем возрасте осталось 3608 деревьев. Средняя высота насаждения культур – 10,2 м при среднем диаметре 10,1 см. При большей высоте и диаметре выше, чем в естественно возникшем древостое, запас был 146 м³/га.

В 30-летнем возрасте запас естественного древостоя составлял 134 м³/га [9], в созданных культурах сосны – 270 м³/га [1]. В насаждениях культур в возрасте 57 лет запас был 525 м/га при высоте насаждения 26,2 м и диаметре 21,7 см (табл. 3). В древостоях естественного происхождения, согласно таблицам хода роста [9, 11], в возрасте 60 лет он составлял 302 м/га при средних высоте 19,8 м и диаметре 19,1 см. Высокие запасы в искусственно созданных насаждениях, но в более благоприятных условиях юго-западных областей России отмечены и в работе В.С. Моисеева [11].

Высокого прироста и больших запасов в искусственных насаждениях можно ожидать и далее. Важно знать соотношение между диаметром и высотой [19, 20]. Наши исследования показали, что деревья с большей высотой при большей густоте могут иметь охлестывание крон и многовершинность. Поэтому необходимо проводить уход за насаждениями по типу прореживания.

Для роста древесных растений, особенно в условиях холодного климата, важно сформировать микроповышения почвы [20], в данном случае в виде пластов. Полученное в таком случае высокобонитетное высокополнотное насаждение изменило и лесорастительные условия, что привело к смене растительности напочвенного покрова биотопа в целом. Из ранее имевшихся при подготовке территории растений напочвенного покрова в созданных культурах остались по микроповышениям *Politrichum commune*, *Dechamista flexuosa* на относительно открытых пространствах, *Viola palustris* L. в понижениях между рядами культур. Исчезли ранее обычно произраставшие *Hamaenorium angustifolium* L., *Carex inflata*, *Poa palustris*, *Stellaria holostea* L. Появились малина (*Rubus hamaemorus*), бор развесистый (*Milium effusum*), полевица обыкновенная (*Agrostis capillaris* L.), щитовник игольчатый (*Dryopteris spinulosa*) – представители богатых почв проточного увлажнения [13].

При обследовании через 24 года после создания лесных культур болотный тип почвообразования сменился дерновым. Следует отметить снижение мощности торфяного горизонта. Слой торфа с 50...55 см уменьшился до 23...27 см. По структурному строению почва в 1983 г. имела следующую морфологическую характеристику:

T0 0...5 см – лесная оторфованная подстилка, темно-коричневая, состоящая из отпада сосны и травянисто-моховой растительности, слаборазложившаяся, рыхлая, пронизанная корнями сосны и трав, переход в следующий горизонт сплошной постепенный;

T1 5...13 см – среднеразложившийся торф, темно-бурый, рыхлый, сплошь пронизанный корнями сосны, переход в следующий горизонт сплошной постепенный;

T2 13...25 см – среднеразложившийся торф, черный, рыхлый, с примесью песка, пронизанный корнями сосны, переход в следующий горизонт сплошной резкий;

A1/B 25...45 см – гумусово-иллювиальный горизонт, бурый, тяжелосуглинистый, пылеватый, плотный, трещиноватый, с железисто-марганцевыми конкрециями, сплошь пронизанный остатками хвоща, встречаются корни сосны, переход в следующий горизонт сплошной постепенный затеками;

A2/Bg 45...77 см – переходный подзолисто-иллювиальный горизонт, светло-серый, тяжелосуглинистый, пылеватый, плотный, трещиноватый, оглееный с остатками хвоща, встречаются остатки корней;

B/cg 77...110 см – переходный горизонт, почва торфяно-глеевая на метаморфозированной ленточной глине.

Анализ почвенного разреза показывает, что бывшая дернина верхнего горизонта сменилась оторфованной лесной подстилкой, включающей опад хвои и веточек сосны. Ниже расположенный торфяной горизонт пронизан корнями сосны, проникающими в гумусово-иллювиальный горизонт до глубины 0,6...0,7 м.

При высоких уровнях грунтовых вод, большой влажности и плохой аэрации [15] происходит накопление CO_2 в почвенном воздухе, что препятствует проникновению корней вглубь [1–3] и способствует формированию поверхностной корневой системы. Высокие концентрации CO_2 являются своеобразным биологическим барьером для роста корней вглубь.

Сформировавшееся высокобонитетное насаждение оказало существенное влияние на распределение влаги в вегетационный период. Обеспечив устойчивое положение грунтовых вод летом ниже торфяного горизонта, высокоплотное сомкнутое насаждение задерживает до 40 % осадков при высокой транспирации. На суммарное испарение летом расходовалось в отдельные месяцы до 85...90 % осадков и более. Это отразилось, прежде всего, на перформировании корневой системы [7]. Корни растений не растут в обводненных почвах. При отсутствии воды в бороздах сформировалась равномерно развитая во все стороны симметричная корневая система (рис. 3, А; верх – а).

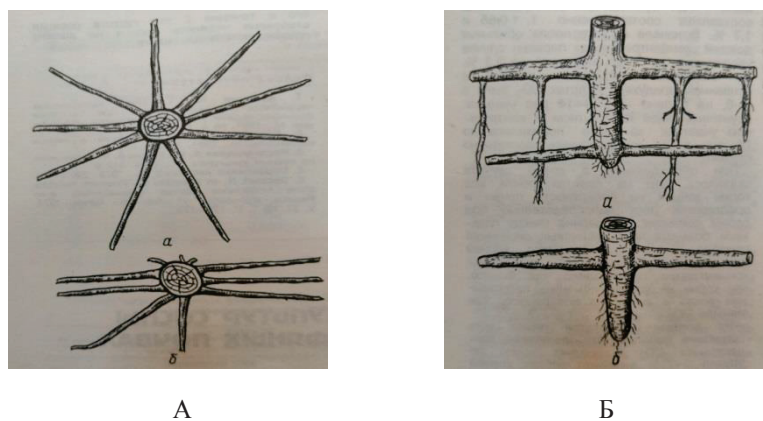


Рис. 3. Вид корневых систем культур сосны II класса возраста: А – горизонтальное строение корневых систем; Б – вертикальное строение корневых систем

Fig. 3. View of the root systems of pine plantations of the 2nd age class: А – horizontal structure of root systems; Б – vertical structure of root systems

Высокое суммарное испарение влаги в [4] привело к снижению уровня грунтовых вод, что сказалось на росте корней вглубь. Стержневой корень к 25-летнему возрасту углубился мало (рис. 3, Б; низ – б), достигнув глубины 30 см, но в дополнение к хорошо развитым горизонтальным корням, расположенным преимущественно на глубине 5...15 см, с годами в нижней части

стержневого корня сформировался второй ярус горизонтальных корней. От горизонтальных корней первого (верхнего) яруса вниз уходят многочисленные вертикальные корни (рис. 3, Б; верх – *a*). Между пластами (в междурядьях) корни по трещинам в почве в сухое время года проникают в минеральный грунт до глубины 80...90 см и более, где образуют густую мочку корней. Местами корни достигают глубины 100...110 см. Такая мощная двухъярусная корневая система обеспечивает устойчивость насаждений сосны против ветровала, что и проявилось во время урагана 30 июня 1998 г., когда на отдельных участках были сломаны деревья (отмечен бурелом), однако ветровальных деревьев не было. Своеобразна и форма корневого сечения: корни, имевшие в начальном периоде роста (до 5 лет) округлое сечение, постепенно приобретали эллипсоидную форму, что отмечено и в работе С.Э. Вомперского [8].

В 2004 г., через 45 лет после создания культур сосны и формирования высокобонитетного сомкнутого насаждения (рис. 4), вновь отмечены изменения в биотопе: сменился и живой напочвенный покров, появились черника (*Vaccinium myrtillus*), майник двулистный (*Maiáanthemum bifolium*), кислица (*Óxalis acetosella*), незабудка (*Myosótis silvatika*), местами земляника (*Fragária fesca*), гравилат речной (*Géum rivále*) – типичные представители группы богатых зеленомошных типов леса проточного увлажнения. Произошли изменения и почвы на участке 1 (табл. 4).



Рис. 4. Культуры сосны в 45-летнем возрасте

Fig. 4. Planting of 45-year-old pine plantations

Таблица 4

Агрохимические показатели почвы (2004 г.)

Горизонт, глубина, см	Зольность, %	pH _{водн}	pH _{солев}	ГК	S	V, %	Общий азот, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Общий углерод, %	C : N
				мг-экв. / 100 г почвы				мг-экв. / 100 г почвы			
T ₃ , 3...8	14,8	4,0	3,4	47,6	1,1	2,1	1,51	7,4	4,3	11,7	7,8
T ₃ , 9...20	26,1	4,2	3,5	65,5	3,8	5,5	2,23	11,5	5,0	26,8	12,0
A ₂ , 21...32	49,0	4,3	3,4	70,1	6,3	8,2	1,99	18,0	51,8	21,4	10,8
B _g , 33...45	94,0	5,0	4,1	8,2	1,0	10,8	0,90	14,9	9,2	1,9	9,9

Примечание. Обозначения см. в табл. 1.

Богатые эвтрофные и мезотрофные торфяники с разложившимся торфом после осушения трансформировались в перегнойно-торфяные почвы с минерализацией торфяной залежи. Согласно исследованиям 2004 г., через 45 лет после создания культур, по профилю почвенного разреза встречаются линзы подзолообразования в торфяном слое. Увеличилось содержание общего азота до 1,51...2,23 % по сравнению с подобным показателем в 1962 г. – 1,14...1,24 % (см. табл. 1). Несколько повысилась актуальная и гидролитическая кислотность. Интенсификация разложения торфа при осушении приводит к снижению общего содержания углерода и увеличению общего азота при более низком соотношении C : N, характеризуя степень разложения и минерализацию торфа.

Заключение

Оценку состояния и динамики древостоя обычно проводят по результатам периодической таксации и таблицам хода роста. При этом оцениваются только изменения продуктивности древостоя, что связано с типами леса. Исследование изменения условий произрастания и типов леса в динамике в конкретных условиях – явление не частое. Нами показаны общие изменения биотопа, в частности состояния почвенных условий, по существу формирование почвы на месте торфяника. Установлено, что на месте эвтрофного безлесного болота под влиянием гидромелиорации произошли изменения состояния живого напочвенного покрова и хода формирования древесного насаждения.

Рассмотрены особенности формирования соснового насаждения почти без лесоводственного вмешательства. Установлено, что к 50–60-летнему возрасту сформировалось высокобонитетное высокополнотное насаждение с запасом 500...600 м³/га при регулируемом отводе дождевой воды по бороздам. За счет суммарного испарения обеспечено постоянное освобождение почвы от гравитационной влаги. В период вегетации на суммарное испарение расходовалось до 85...90 % воды выпадающих осадков. Для восполнения влаги в начальном возрасте (10–15 лет) корни деревьев, располагавшиеся в торфяном горизонте на глубине 15...20 см, проникают в подстилающий минеральный грунт до глубины 0,9...1,1 м, образуя второй ярус корней.

Запас насаждения в 50–60-летнем возрасте превышает 500 м³/га, что выше, чем в древостоях естественного происхождения в возрасте 90–100 лет. Это свидетельствует о том, что при выращивании древесной массы (например, для целлюлозно-бумажного и мебельного производств) с 1 га за 100 лет можно получить два «урожая», что невозможно в древостоях естественного происхождения.

В высокоствольном (более 26 м) насаждении с полнотой 1,00 и более отмечено охлестывание вершин, что приводит к многовершинности. Поэтому при выращивании технически спелой древесины предложено проводить уход за лесом в виде прореживания и проходных рубок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бабиков Б.В. Состав воздуха торфяных почв и его влияние на рост культур сосны // Изв. вузов. Лесн. журн. 1963. № 6. С. 14–19. [Babikov B.V. The Air Composition of Peat Soils and Its Effect on the Growth of Pine Plantations. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 1963, no. 6, pp. 14–19. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1963.pdf>
2. Бабиков Б.В. Воздушный режим почв осушенных переходных болот // Природа болот и методы их исследования. Л.: Наука, 1967. С. 145–150. [Babikov B.V. Air Conditions of Soils of Drained Transitional Swamp. *Nature of Swamps and Methods for Their Study*. Leningrad, Nauka Publ., 1967, pp. 145–150].
3. Бабиков Б.В. Экология сосновых лесов на осушенных болотах. СПб.: Наука, 2004. 166 с. [Babikov B.V. *Ecology of Pine Forests in Drained Swamps*. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2004. 166 p.].
4. Бабиков Б.В. Расход влаги с осушенных лесных болот // Изв. вузов. Лесн. журн. 2012. № 4. С. 14–17. [Babikov B.V. Water Discharge from the Wooded Bogs. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2012, no. 4, pp. 14–17]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/61f/qfzb2.pdf>
5. Бабиков Б.В. Болота в лесах России и их использование // Изв. вузов. Лесн. журн. 2014. № 6. С. 9–19. [Babikov B.V. Mires in the Forests of Russia and Their Use. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2014, no. 6, pp. 9–19]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/3e4/1--bolota-v-lesakh-rossii-i-ikh-ispolzovanie.pdf>
6. Бабиков Б.В. Гидрологическая роль болот и водное питание рек // Изв. вузов. Лесн. журн. 2018. № 5. С. 38–47. [Babikov B.V. The Hydrological Role of Wetlands and Water Supply of Rivers. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2018, no. 5, pp. 38–47]. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2018.5.38](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.5.38), URL: http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/502/38_47.pdf
7. Бабиков Б.В., Колесников Ю.Е. Формирование корневых систем культур сосны на осушенных торфяных почвах // Лесн. хоз-во. 1997. № 4. С. 39–40. [Babikov B.V., Kolesnikov Yu.E. Formation of the Root Systems of Pine Plantations on Drained Peat Soils. *Lesnoye khozyastvo*, 1997, no. 4, pp. 39–40].
8. Вомперский С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения. М.: Наука, 1968. 312 с. [Vomperskiy S.E. *Biological Basis for Forest Drainage Efficiency*. Moscow, Nauka Publ., 1968. 312 p.].
9. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу / отв. ред. А.Т. Мошкалев. Л.: ЛТА, 1984. 320 с. [*Forest Inventory Book for the North-West*. Editor-in-Chief A.T. Moshkalev. Leningrad, LTA Publ., 1984. 320 p.].
10. Лопатин В.Д. Гладкое болото (торфяная залежь и болотные фации). Очерки по растительному покрову СССР // Учен. зап. ЛГУ. 1954. № 166. Сер.: Геогр. науки. Вып. 9. С. 95–181. [Lopatin V.D. Gladkoye Boloto (Peat Deposit and Swamp Facies). *Essays on the Vegetation of the USSR*. *Uchenyye zapiski LTU*, 1954, no. 166, Seriya: Geograficheskiye nauki, iss. 9, pp. 95–181].

11. Моисеев В.С. Таксация молодняков. Л.: ЛТА, 1971. 344 с. [Moiseev V.S. *Inventory of Young Growth*. Leningrad, LTA Publ., 1971. 344 p.]
12. Пахучий В.В. Водный режим в хвойных древостоях на староосушенных торфяниках. Л.: Наука, 1975. 72 с. [Pakhuchiy V.V. *Soil Water Retention in Coniferous Stands on Old Drained Peatlands*. Leningrad, Nauka Publ., 1975. 72 p.]
13. Сибирева М.Д., Вернандер Т.Б. Определение типов леса по растениям-индикаторам. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1957. 148 с. [Sibireva M.D., Vernander T.B. *Determination of Forest Types by Guide Plants*. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1957. 148 p.]
14. Цепляев В.П. Леса СССР. М.: Сельхозгиз, 1961. 465 с. [Tseplyayev V.P. *Forests of the USSR*. Moscow, Sel'khokhgiz Publ., 1961. 465 p.]
15. Cline R.A., Ericson A.C. The Effect of Oxygen Diffusion Rate and Applied Fertilizer on the Growth, Yield, and Chemical Composition of Peats. *Soil Science Society of America Journal*, 1959, vol. 23, iss. 5, pp. 333–335. DOI: [10.2136/sssaj1959.03615995002300050009x](https://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300050009x)
16. Heikurainen L. The Influence of Forest Drainage on Growth and Removal in Finland. *Acta Forestalia Fennica*, 1961, vol. 71, no. 8, art. 7117. DOI: [10.14214/aff.7117](https://doi.org/10.14214/aff.7117)
17. Jenny H., Gessel S.P., Bingham F.T. Comparative Study of Decomposition Rates of Organic Matter in Temperate and Tropical Regions. *Soil Science*, 1949, vol. 68, iss. 6, pp. 419–432.
18. Kramer P.J., Jackson W.L. Causes of Injury to Flooded Tobacco Plants. *Plant Physiology*, 1954, vol. 29, iss. 3, pp. 241–245. DOI: [10.1104/pp.29.3.241](https://doi.org/10.1104/pp.29.3.241)
19. Meshechok B. From Experiments with Deforestation on Plantland in Norway. *Transactions of the 2nd International Peat Congress, Leningrad, August 15–22, 1963*. Edinburgh, HMSO, 1968. 1089 p.
20. Paavilainen E., Päivänen J. *Peatland Forestry*. Berlin, Springer, 1995. 250 p. DOI: [10.1007/978-3-662-03125-4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03125-4)
21. Salitis P. *Merkopilas prieksnosa cijumi*. Riga, 2006. 217 p.
22. Seppälä K. Relationship between Stem Diameter of Trees at Time of Draining and Their Post-Drainage Increment. *Suo*, 1976, vol. 27, no. 3, pp. 55–60.

FORMATION AND DYNAMICS OF THE BIOTOPE OF PINE PLANTATIONS ON PEAT SOILS AFTER IRRIGATION IMPROVEMENT

B.V. Babikov, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [AAM-9500-2020](https://orcid.org/0000-0003-3280-572X),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3280-572X>

M.B. Subota, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAM-9484-2020](https://orcid.org/0000-0003-3721-8604),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3721-8604>

Saint-Petersburg State Forest Technical University, Institutskiy per., 5, Saint Petersburg, 194021, Russian Federation; e-mail: subota_m@mail.ru, babikov_boris32@mail.ru

Wetlands in the Russian Forest Fund occupy more than 12 % of the country's territory exceeding 100 mln ha. These are primarily afforested swamps with low-quality forest stands. A significant part of raised bogs is generally forestless. Meanwhile, about 60 % of the eutrophic and mesotrophic swamps are potentially rich. Here, only excess of water interferes with successful forest growth. The world forestry has accumulated wide experience in regulation of soil water retention through irrigation improvement and drainage. In Russia there are classic examples when stands of the 1st quality class grew in the large (several thousands of hectares) areas after irrigation improvement. One such case is the Kheynovskoye swamp with an area of over 2 ths. ha located in the Lisino training and experimental forest of the Saint-Petersburg State Forest Technical University and drained in 1847. However,

there are enough cases of unsuccessful drainage. The better half of the drained swamps before drainage were grown over with forests. Irrigation improvement has turned around the growth conditions of all stands existed before drainage, but in poor eutrophic swamps forest growth is insufficient. The research purpose was to study brand new stands in the drained territory taking into account the whole formation cycle of the biotope and its change with time. In order to get that done, a pilot plot was laid out on a eutrophic-mesotrophic treeless peat, where drainage was carried out using a frequent network of small grooves (furrows). They were dug with the help of a double moldboard (trench digger) and directed into the channels of the drainage network, thus providing for constant water drainage. Forest plantations were laid out on the layers formed along the furrows with the participation of the author. We had been assessing changes in the stand condition each 5–10 years for almost 60 years. The studies have shown that in the first years after removal of excess water and better soil warming, sedimentation and depletion of peat occurred. At a depth of 0.4–0.5 m in 20 years after planting the trees, the depth of peat decreased by almost 2 times. The living ground cover has changed under the influence of drainage and the developed stand. The initial (swamp) type of soil formation was replaced with soddy soil. High-quality heavy-producing plantation was formed. When comparing the parameters of the created artificial plantation with the stands of natural origin according to the growth course tables, it was found that the stock of the created stands at the age of 50 is almost twice higher than the stock of natural stands. It can be assumed that when growing wood pulp for its intended purposes in 100 years two yields can be harvested. Changes in peat soil have taken place during the last 50 years. The carbon (C) content decreased and the total nitrogen (N) content increased due to the intensive decomposition of peat, as evidenced by the decrease in the ratio of C:N. Structure developed in peat soil. The beginning of podzol-forming is noticed. Probably, the actual and hydrolytic acidity have increased due to the needle litter.

For citation: Babikov B.V., Subota M.B. Formation and Dynamics of the Biotope of Pine Plantations on Peat Soils after Irrigation Improvement. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 4, pp. 27–39. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-27-39

Keywords: biotope, irrigation improvement, water balance, water supply, drainage rate.

Поступила 25.06.19 / Received on June 25, 2019
