

УДК 504.062(476)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЕЛИ НА ОСУШЕННОЙ И НЕОСУШЕННОЙ ТЕРРИТОРИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Е. В. МАТЮШЕВСКАЯ¹⁾, В. Н. КИСЕЛЕВ²⁾, А. Е. ЯРОТОВ¹⁾, П. А. МИТРАХОВИЧ¹⁾, С. В. ДЕВГУТЬ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь

²⁾Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
ул. Советская, 18, 220050, Минск, Беларусь

Приведены результаты исследования современного состояния и продукционного потенциала ели для нарастания стволовой массы в изменяющихся климатических условиях Белорусского Полесья. Крупномасштабная осушительная мелиорация, в результате которой произошло снижение приповерхностных грунтовых вод на сопредельных с освоенными болотами и заболоченными землями территориях с кварцевопесчаными почвами, обострила лимитирующее значение естественных экологических факторов (солнечной радиации, температуры и осадков) в их влиянии на состояние и продукционный потенциал островных ельников, вызвав массовое усыхание древостоя.

Ключевые слова: Белорусское Полесье; ель; мелиорация; радиальный прирост; солнечная радиация; климат.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF SPRUCE ON THE DRAINAGE AND UNDRAINAGE TERRITORIES OF THE BELARUSIAN POLESJE

E. V. MATIUSHEVSKAYA^a, V. N. KISIELIOU^b, A. E. JAROTOU^a, P. A. MITRAKHOVICH^a, S. V. DEVGUT^a

^aBelarusian State University, Nezavisimosti avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

^bBelarusian State Pedagogical University Named after Maxim Tank, Sovetskaya street, 18, 220050, Minsk, Belarus
Corresponding author: V. N. Kisieliou (kiselev-vn@yandex.ru)

Образец цитирования:

Матюшевская Е. В., Киселев В. Н., Яротов А. Е., Митрахович П. А., Девгуть С. В. Сравнительный анализ продукционного потенциала ели на осушенной и неосушенной территориях Белорусского Полесья // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 2. С. 38–47.

For citation:

Matushevskaya E. V., Kisieliou V. N., Jarotou A. E., Mitrakhovich P. A., Devgut S. V. Comparative analysis of the productive potential of spruce on the drainage and undrainage territories of the Belarusian Polesje. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2018. No. 2. P. 38–47 (in Russ.).

Авторы:

Екатерина Викторовна Матюшевская – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры общего землеведения и гидрометеорологии.

Виктор Никифорович Киселев – доктор географических наук, профессор; научный руководитель временного научного коллектива «Дендрэкология».

Алексей Евгеньевич Яротов – кандидат географических наук; доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий.

Петр Анисимович Митрахович – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий.

Светлана Валентиновна Девгуть – магистрант кафедры геоэкологии.

Authors:

Ekaterina V. Matushevskaya, PhD (geography), associate professor; associate professor of the department of meteorology and general geography.

katerina.vn@icloud.com

Viktor N. Kisieliou, doctor of sciences (geography), professor; scientific adviser of the temporary scientific group «Dendroecology».

kiselev-vn@yandex.ru

Alexei E. Jarotou, PhD (geography); associate professor of the department of physical geography of the world and educational technologies.

dehrono@mail.ru

Peter A. Mitrakhovich, PhD (biology), associate professor; associate professor of the department of physical geography of the world and educational technologies.

Mitrakhovichpa@mail.ru

Svetlana V. Devgut, graduate student of the department of ecology.

Sveta.devgut@mail.ru

The increased inflow of direct solar radiation with the warming of the climate after 1998 acted as a limiting factor for spruce in island localities with an altered land drainage with changed water regime, which reduces its viability and stem productivity. As a result, there was a massive shrinkage of the stand on the reclaimed territory of the Belarusian Polesie. The main environmental factors that led to the mass drying of spruce forests were: a low groundwater level, an increase in the influx of direct solar radiation with warming of the climate after 1998, a summer drought of 2015 and 2016.

Key words: Belorussian Polesje; spruce; melioration; treering; solar radiation; climate.

Введение

Полесская низменность – южный сегмент дуги песчаных низин от Германии до Урала в окраинной зоне плейстоценового материкового оледенения. Наибольший масштаб водно-земельная мелиорация в течение более чем двух столетий приобрела в ее северной части – Белорусском Полесье. Происходящие изменения в его природной среде отражают события во всей полосе Европейского Полесья, особенно при потеплении климата.

Завершившаяся крупномасштабная водноземельная мелиорация, наряду с естественными факторами, привела к экологически напряженной ситуации с «островными» ельниками и сосновыми лесами в этом регионе, выразившейся в современном массовом усыхании древостоя. Учесть все факторы их деградации в методическом плане затруднительно. В этом плане радиальный прирост – объективный индикатор, существенно отражающий происходящие изменения в сложившейся ситуации.

Основоположник географии растений в России А. Н. Бекетов в своей работе «О влиянии климата на возрастание сосны и ели» [1] выделил основные факторы, определяющие состояние древостоя и его радиальный прирост (климатические условия – температура воздуха и осадки). Несмотря на то, что их влиянию на радиальный прирост в XX в. посвящены сотни работ, сложность анализа взаимосвязи, ее проблема не может до настоящего времени считаться решенной [2]. Нарастание стволовой массы древостоя – результат взаимодействия множества прямо или косвенно действующих факторов биологического и экологического порядка.

Один и тот же фактор не может быть постоянно лимитирующим на всем протяжении роста и развития современных поколений древостоя. Его воздействие в том или ином экотопе проявляется в определенные временные отрезки, различающиеся по климатическим показателям. Для большинства регионов лимитирующие факторы обычно сменяют друг друга в течение одного или нескольких сезонов, поэтому однозначное соответствие между шириной годичного кольца и динамикой какого-либо одного из них установить принципиально невозможно [2].

Экологические факторы, неоднозначные по природе воздействия, – климатические и антропогенные (в частности, водноземельная мелиорация) – могут сходным образом отражаться в текущем приросте, приводя к его депрессии. Уникальность природы Белорусского Полесья, которую по праву можно отнести к экологически наряду с экосистемами мира не только по вине крупномасштабной осушительной мелиорации, но и радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС, заставляет вновь и вновь обращаться к ее наиболее примечательным объектам. К ним относятся «островные» ельники среди транзитной формации сосны обыкновенной.

Ельники Белорусского Полесья представляются как символ биоразнообразия самобытного по своим природным особенностям лесоболотного региона в центре европейского субконтинента. В формационной структуре лесов юга Беларуси ель (*Picea abies* (L.) Karst.) занимает незначительную площадь по сравнению с другими древесными породами. Она в биологическом разнообразии имеет несравненно большее значение, чем в экономике лесного хозяйства. Учет всех факторов (естественных и антропогенных) крайне необходим для стратегии дальнейшего ведения лесного хозяйства в этом регионе.

Горизонтальная миграция металлосодержащих растворов от Балтийско-Черноморского водораздела к уровню базиса эрозии подземного стока в долине Припяти [3] привела к образованию на локальных участках почв с гидрогенным накоплением железа, алюминия, магния и других элементов – иллювиально-гумусово-железистых подзолов на кварцевых песках. Именно этот эдафотоп по окраине проточных ложбин и заболоченных пойм малых рек занят «островными» ельниками Полесья [4]. К 1950 г. лесистость только брестской части Полесья сократилась до 17–18 % по сравнению с 82 % в начале XVIII в., но увеличилась до 40 % к XIX в. [5]. Проблема сохранения и восстановления хвойных лесов на преобладающих в Полесье покровных перемерзших водноледниковыми потоками палеогеннеогеновых кварцевых песках с исключительно малой влагосодержащей способностью и слабо развитыми автоморфными почвами не утратила своей актуальности [6].

Увеличение лесистости региона осуществлялась за счет культуры сосны на бросовых старопашотных угодьях на кварцевых песках (бывших «сырых песках»), которые после понижения грунтовых вод в результате осушительной мелиорации оказались не пригодными для использования в сельском хозяйстве.

Эта почвенно-литологическая особенность Полесья после практически повсеместной осушительной мелиорации приобрела решающее значение для формирования и сохранения лесных массивов юга Беларуси. «Островные» ельники выступают в роли индикатора возникшей ситуации с лесами после крупномасштабной водно-земельной мелиорации в современных климатических реалиях. В этом плане представлялось целесообразным выполнить сравнительный анализ продукционного потенциала ели в нарастании стволовой массы на осушенных и неосушенных территориях.

Материалы и методы исследования

Исследованные «островные» ельники на осушенной территории в водосборе рек Ипы и Нератовки, канализированных еще Западной экспедицией И. И. Жилинского в последней четверти XIX в., находятся в Светлогорском и Октябрьском лесхозах (тест-полигон «Ипа»). В начале 1960-х годов была проведена коренная реконструкция осушительной сети (так называемое «глубокое осушение»), и освоенные массивы торфяников и заболоченных земель стали более интенсивно использоваться в сельском хозяйстве как пахотные угодья. «Островные» ельники на неосушенной территории примыкают к юго-восточной окраине болота «Круковское» (урочище «Селище»), на которой не выполнялась осушительная мелиорация. Она не оказалась в зоне влияния мелиоративных систем на уречный режим грунтовых вод. Одновременно полевые исследования для получения сравнительной дендрохронологии были проведены в «островном» ельнике на «Еловой гриве» в урочище «Воротень» (южнее п. Паричи Светлогорского р-на), окруженного староречьями Березины.

Тип леса – ельник черничный, свойственный его «островному» положению на Белорусском Полесье. Эдафотоп – иллювиально-гумусово-железистый подзол на кварцевых песках. Грунтовые воды под ельником на осушенной территории в мае находились на глубине 1,5–1,6 м и понижались к осени до 2,0 м. На неосушенной территории на глубине 0,2–0,3 м к осени снижались до 0,4–0,6 м (в зависимости от микрорельефа). Образцы древесины (керны) отбирались на высоте 1,3 м. Тестируемые деревья объединены в разновозрастные серии (группы), сведения о которых представлены в табл. 1. Сравнительный анализ изменчивости радиального прироста выполнялся по сопоставляемым возрастам: 110–125 лет, 95–90 лет и 85 лет.

Таблица 1

Сведения о возрастных сериях тестируемых деревьев ели на полигонах «Ипа» (с осушительной сетью), «Селище» и «Еловая грива» (без осушительной сети) на 2017 г.

Table 1

Information on the age series of tested trees spruce at test polygons «Ipa» (with drainage canals), «Selishche» and «Spruce mane» (without drainage canals) in 2017

Ипа				Селище, Еловая грива			
Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м
110	16	54–72	24–32	125	9	30–36	22–32
95	13	36–48	20–24	90	12	28–36	20–24
85	18	34–42	18–28	85	14	26–32	18–21

Продукционный потенциал ели для нарастания стволовой массы в изменяющихся экологических условиях определялся по наиболее высоким значениям радиального прироста как отдельного дерева (максимальный индивидуальный за все время его роста), так и за конкретный год у всех деревьев одной возрастной серии (максимальный серийный) по предложенному методическому приему [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Рост и развитие современных поколений ели в «островных» локалитетах в Белорусском Полесье шли в изменяющихся климатических условиях (табл. 2). До 1976 г. температурные перепады менялись незначительно [4]. Особо выделяется влажная череда (1906–1940 гг.) с наибольшим количеством осадков. Некоторое похолодание месяцев безлиственного периода (октябрь–апрель) и существенное сокращение осадков, особенно за вегетационные месяцы (май–сентябрь), произошло в 1941–1976 гг. Последовавшее двадцатилетнее (1977–1998 гг.) при относительном потеплении сопровождалось увеличением осадков. После 1998 г. температурные параметры месяцев (с октября по апрель) и вегетационных периодов (май–сентябрь), а также гидрологического года (октябрь–сентябрь) заметно возросли, указав на значительное потепление климата.

Максимальный индивидуальный радиальный прирост деревьев в каждой возрастной серии на осушенной и неосушенной территориях, за редким исключением, не имел одного года привязки, а «кочевал» во времени, будучи строго индивидуальным (рис. 1).

Таблица 2

Среднестатистические показатели изменчивости климата (по наблюдениям на метеостанции «Василевичи»)

Table 2

Average statistical indicators of climate variability (from observations at the «Vasilevichi» meteorological station)

Годы	t °C				Осадки, мм				Солнечная радиация, МДж / м ²			
									прямая		рассеянная	
	X–IV	V–VI	V–IX	Год	X–IV	V–VI	V–IX	Год	V–VI	V–IX	V–VI	V–IX
1879–1905	-0,6	15,4	15,7	6,2	–	–	–	600	–	–	–	–
1906–1940	-0,4	15,2	15,6	6,4	328	145	394	722	–	–	–	–
1941–1976	-0,5	15,3	15,6	6,3	285	126	318	603	618	1352	592	1351
1977–1998	0,3	15,6	15,7	6,7	265	146	374	639	557	1202	592	1316
1879–1998	-0,3	15,4	15,6	6,4	293	139	362	641	588	1277	592	1334
1999–2016	1,5	16,0	16,7	7,9	368	134	311	679	695	1526	528	1190
За период наблюдений												
1892–2016	-0,2	15,4	15,8	6,5	304	138	354	658	614	1335	577	1300

После реконструкции осушительной сети в начале 1960-х гг., начиная с этого времени и до 1990 г. с обильными осадками (811 мм, из них за вегетационный период 518 мм), эпизодов максимальной стволовой продуктивности ели на осушенной территории было крайне мало. Особенно чувствительно к снижению грунтовых вод отреагировали серии в возрасте 110 и 95 лет, менее чувствительным оказалось 85-летнее поколение. Увеличение осадков в этот период вызвало такую же ситуацию с ельниками на территории, где мелиоративные работы не выполнялись.

Наивысшие значения индивидуального радиального прироста ели 12,5 мм (1956 г.) – в возрасте 110 лет, 11, 8 мм (1977 г.) – в возрасте 95 лет и 11, 7 мм (1990 г.) – в возрасте 85 лет можно принять за потенциал ее максимальной стволовой продуктивности в комфортных метеорологических условиях (при средней положительной температуре безлиственного периода и оптимальном, но не чрезмерном увлажнении; табл. 3).

Максимальный индивидуальный радиальный прирост ели в своей временной реализации на территории без осушительной сети не отличался постоянством и характеризовался значительной календарной изменчивостью в зависимости от биологических особенностей каждого дерева, его положения в ценозе и внутривидовой конкуренции. Изменяющиеся климатические условия, как и обводненность эдафотопы, оказывали влияние на реализацию елью своего продукционного потенциала.

Диапазон изменчивости максимального индивидуального радиального прироста и его наивысшие значения на осушенной территории были больше до 1998 г., чем при потеплении климата после этого года (тест-полигон «Ипа», табл. 4). Эта же закономерность свойственна и для «островных» ельников на неосушенной территории (тест-полигоны «Селище» и «Еловая грива»). Ликвидировав переувлажнение эдафотопы, мелиорация способствовала увеличению продукционного потенциала ели в нарастании стволовой массы при измененных водных условиях, поэтому статистические показатели радиального прироста в преобразованной среде оказались значительнее: более чем в 2 раза, по сравнению с территорией без осушительной сети (см. табл. 4). Максимальный индивидуальный радиальный прирост ели в «островных» локалитетах на осушенной и неосушенной территориях формировался в климатических условиях до и после 1998 г., незначительно отличающихся от средних многолетних (табл. 5).

Диапазон метеорологических величин, мало различающихся по годам и его периодам (безлиственному и вегетационному), указывает на то, что максимально возможная реализация биопродукционного потенциала ели осуществляется при любых их значениях, не имея при этом одновременной годичной привязки. Более благоприятные условия для нее возникли только при меньших значениях температуры месяцев активного роста (мая и июня).

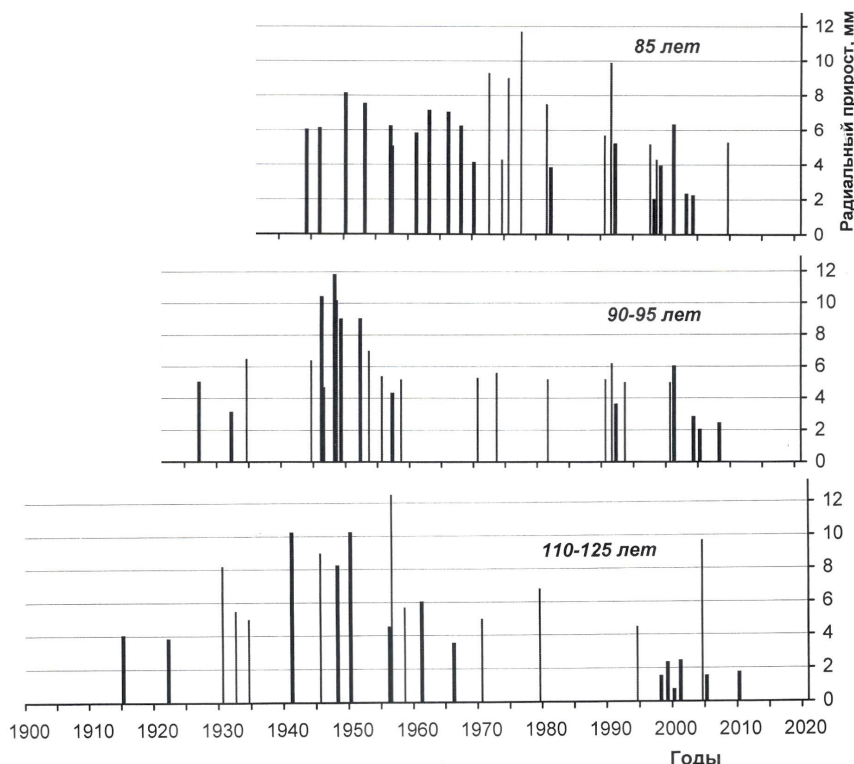


Рис. 1. Многолетний ход изменчивости внутрисериального максимального индивидуального радиального прироста ели на осушенной (утопченные значения) и неосушенной (утолщенные значения) территориях

Fig. 1. Long-term variation of the intra-serial maximum individual radial growth of spruce on drained (delicate values) and undrained (thickened values) territories

Таблица 3

Метеорологические условия лет с потенциальной стволовой продуктивностью ели в Белорусском Полесье на территории с осушительной сетью

Table 3

Meteorological conditions of years with potential barrel productivity of spruce in the Belorussian Polesje in the territory with a drainage canals

	Температура, t °C				Осадки, мм			
	Годы	Май–июнь	Май–сентябрь	Год	Октябрь–апрель	Май–июнь	Май–сентябрь	Год
1948	0,4	17,6	16,2	7	308	169	386	694
1977	0,3	15,6	15	6,4	258	164	449	707
1989	1,9	16,3	16,3	7,9	421	130	277	698

Следовательно, погодно-климатические условия не могут быть единственной основной причиной массового отмирания ели в «островных» локалитетах на Белорусском Полесье, хотя ее усыхание на осушенной территории наступает после аномально холодного, бесснежного или малоснежного безлиственного периода, а угнетение на неосушенной территории при повышенном выпадении осадков [8].

В многолетней изменчивости погодичного сериального максимального радиального прироста ели отражены особенности нарастания ее стволовой массы на неосушенной и осушенной территориях (рис. 2). С началом потепления климата и ростом атмосферных осадков после 1977 г. он оказался значительнее на территории с осушительной сетью (за исключением 90–95-летних поколений). Это свидетельствует о том, что, сняв переувлажнение эдафотоп, мелиорация улучшила лесорастительные условия для «островных» ельников.

Из примечательных событий следует отметить заметное нарастание стволовой массы у 110-летнего поколения елей на осушенной территории, в противоположность депрессии прироста у 125-летних елей на неосушенных землях 1920–1940 гг. влажного климата (см. табл. 2). Как отмечалось, в череду относительно засушливых 1945–1952 гг. (кроме 1948 г.) ель на неосушенной территории имела наивысшие показатели стволовой продуктивности.

Таблица 4

Годы с максимальным индивидуальным радиальным приростом ели (диапазон в мм) в Белорусском Полесье на территориях с осушительной сетью (тест-полигон «Ипа») и без нее (тест-полигоны «Селище» и «Еловая грива»)

Table 4

Years with the maximum individual radial growth of spruce (range, mm) in Belorussian Polesje in areas with a drainage canals (test polygon «Ipa») and without them (test polygons «Selishche» and «Spruce mane»)

«Ипа»					
Возрастные группы деревьев					
110 лет		95 лет		85 лет	
Годы	Радиальный прирост	Годы	Радиальный прирост	Годы	Радиальный прирост
До 1998 года					
1930, 1932, 1934, 1945, 1956, 1958, 1970, 1979, 1990	4,7–12,5	1934, 1944, 1946, 1948, 1953, 1955, 1958, 1970, 1973, 1981, 1986, 1991, 1993	5,0–11,8	1946, 1954, 1955, 1957–1959, 1962, 1967, 1970–1973, 1987, 1989, 1991	5,3–11,7
После 1998 года					
2000, 2001, 2004, 2006, 2009	3,3–9,7	2000, 2001, 2006	2,0–5,0	2000, 2004, 2005	2,5–3,2
«Селище» и «Еловая грива»					
125 лет		90 лет		85 лет	
До 1998 года					
1915, 1922, 1941, 1948, 1950, 1956, 1961. 1966	2,6–10,2	1927, 1932, 1946, 1948, 1949, 1952, 1953, 1957, 1992	3,1–9,8	1944, 1946, 1950, 1953, 1957, 1961, 1963, 1966, 1968, 1970, 1982, 1992	1,3–6,3
После 1998 года					
1999, 2000, 2001, 2005. 2010. 2010	0,7–2,4	2001, 2004, 2005, 2008	0,9–2,3	1999, 2001, 2003, 2004	1,2–2,1

Как показывает весь многолетний ход радиального прироста ели, детерминированным компонентом метеорологической среды служат отдельные экстремальные погодные эпизоды, вызывающие возмущения в дендрометрических рядах. К таким эпизодам относится аномально относительно теплый и влажный (по зимним меркам) климат 1989 г., который обеспечил максимально возможный радиальный прирост 85-летней ели на осушенной территории.

Глубокую депрессию прироста вызывали аномально холодные малоснежные зимы 1987 и 1996 гг. (с морозами до $-30,0^{\circ}\text{C}$). Эта депрессия особенно резко проявилась у старых елей, чем у более возрастных. Очевидно, это связано со значительным повреждением проводящих корней уже вышедших у них на поверхность. За пределами Белорусского Полесья групповое и куртинное усыхание ели в средневозрастных и в более старших насаждениях началось именно в 1996 г. в Российском Полесье (в Брянской, Смоленской, Калужской и Орловской областях) по границе с Беларусью [9].

Ситуация обострилась в 2015 г. Хотя зима (декабрь–февраль) этого года была теплой ($-1,6^{\circ}\text{C}$ при норме $-5,4^{\circ}\text{C}$, 111 мм осадков) в бесснежном феврале (малоснежный покров образовался только к концу месяца) морозы достигали -22°C . На востоке Белорусского Полесья (Гомельская обл.) после аномально теплой, малоувлажненной весны (март–апрель, $8,9^{\circ}\text{C}$ при норме $6,4^{\circ}\text{C}$, 107 мм осадков при норме 133 мм) наступило жаркое, засушливое лето (июнь–август, $19,9^{\circ}\text{C}$ при норме $17,4^{\circ}\text{C}$, 134 мм осадков при норме 239 мм) [10]. Погодные условия 2016 г. были похожи на предыдущий год (в летние месяцы 162 мм осадков при $19,8^{\circ}\text{C}$) [11].

Таблица 5

Метеорологические условия периодов с максимальным индивидуальным радиальным приростом ели в Белорусском Полесье на территориях с осушительной сетью (тест-полигон «Ипа») и без нее (тест-полигоны «Селище» и «Еловая грива»)

Table 5

Meteorological conditions of years with the maximum individual spurious growth of spruce in the Belorussian Polesie in territories with drainage canals (test polygon «Ipa») and without them (test polygons «Selishche» and «Spruce mane»)

Значения	Температура, t °C				Осадки, мм			
	Октябрь–апрель	Май–июнь	Май–сентябрь	Год	Октябрь–апрель	Май–июнь	Май–сентябрь	Год
«Ипа»								
До 1998 г.								
Средние	0,3	15,7	15,9	6,7	291	130	355	646
диапазон	-2,9–3,4	13,5–19,2	14,5–17,4	5,1–9,0	146–452	45–242	186–527	355–905
После 1998 г.								
Средние	1,6	14,3	16,1	7,6	355	142	325	680
диапазон	-0,2–2,8	12,1–15,4	15,3–16,5	6,7–8,5	311–419	69–254	277–389	606–790
«Селище» и «Еловая грива»								
До 1998 г.								
Средние	-0,3	15,6	15,8	6,6	294	137	328	622
диапазон	-2,4–1,8	12,9–18,2	12,7–17,3	5,1–7,9	169–398	45–229	204–468	355–905
После 1998 г.								
Средние	1,4	15,2	16,5	7,7	341	105	357	698
диапазон	-0,2–2,8	12,1–16,3	13,5–17,3	6,7–8,5	262–419	51–171	271–457	533–790

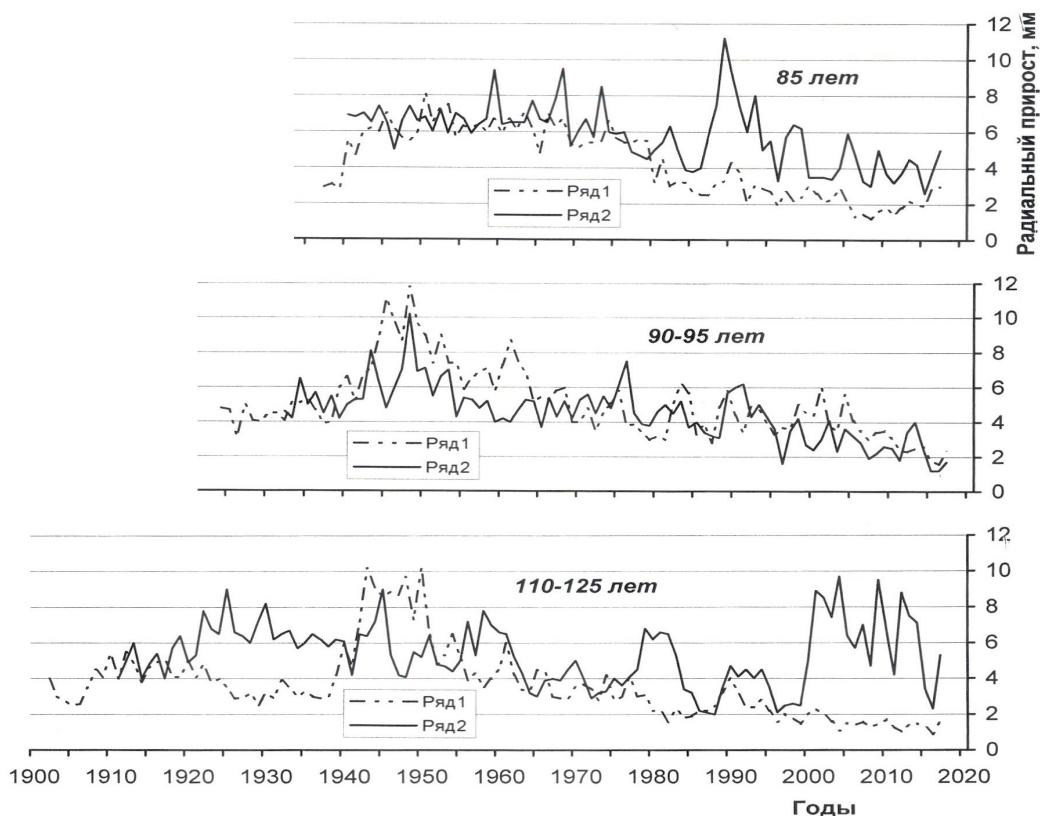


Рис. 2. Многолетний ход изменчивости погодичного максимального радиального прироста возрастных серий ели в «островных» локалитетах на неосушенной (ряд 1) и осушенной (ряд 2) территориях

Fig. 2. Long-term variation of the intra-serial maximum individual radial growth of spruce on drained (delicate values) and undrained (thickened values) territories

Одно изменение только метеорологических величин (температуры и осадков) не могло привести к усыханию ели. У перестойных (110 лет) елей на осушенной территории радиальный прирост при этом потеплении, наоборот, резко увеличился, превысив значения относительно засушливых 1945–1952 гг. (см. рис. 2).

Следует отметить, что в поисках причин угнетения и отмирания лесов в умеренном климатическом поясе Евразии попытки привлечения солнечной радиации как возможного фактора ограничены (основное внимание уделяется 11-летней солнечной активности). Солнечная радиация является важнейшим фактором в изменчивости радиального прироста деревьев. Поступление солнечной радиации, обеспечивающей энергией все физические и физиологические процессы в фитоценозах Белорусского Полесья, изменялось в значительных пределах (рис. 3).

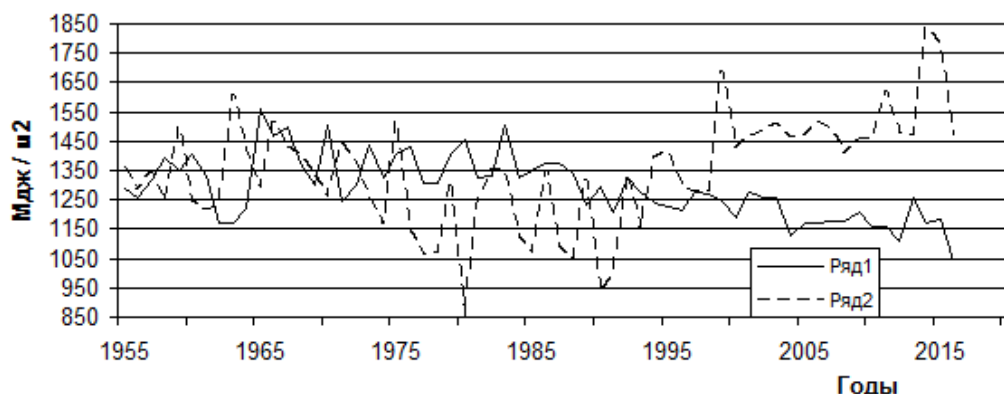


Рис. 2. Динамика рассеянной (1) и прямой (2) солнечной радиации (по наблюдениям на метеостанции «Василевичи»)

Fig. 2. Dynamics of scattered (1) and direct (2) solar radiation (according to observations at the «Vasilevichi» meteorological station)

После 1998 г. с сокращением продолжительности южной циркуляции и господством западной [12] приток прямой солнечной радиации в экосистемы лесов Полесья за месяцы вегетационного периода увеличился на 319 МДж / м² (или 25,7 %) по сравнению с предыдущими 1977–1998 гг., но рассеянной, зависящей от содержания водяного пара и других аэрозолей в атмосфере, сократилось на 126 МДж / м² (или 9,6 %). Если соотношение прямой радиации к рассеянной до 1998 г. было 1 : 0,91, то после этого года стало 1 : 1,27. До 1998 г. рассеянной радиации в атмосфере за вегетационный период было больше на 114 МДж / м², после этого года приток прямой уже преобладал на рассеянной на 321 МДж / м². Приток прямой солнечной радиации оказался рекордным в 2014 г. (1840 МДж / м²) и в 2015 г. (1776 МДж / м²).

При этом количество осадков за вегетационный период уменьшилось. Это указывает на то, что продолжительность и интенсивность солнечного сияния после 1998 г. увеличились в течение суточного фотопериода. Увеличение притока прямой солнечной радиации активизировало продукционный процесс в нарастании стволовой массы только у 110-летнего поколения ели в результате возможного обеспечения транспирационного тока влагой трихогоризонта, который смогла достичь его мощная корневая система, преодолев плотный иллювиально-гумусово-железистый почвенный горизонт. Это выразилось в наибольшем значении радиального прироста за все время роста и развития насаждения. Однако при недоборе осадков в 2015–2016 гг. это перестойное поколение постигла участь более молодых возрастов: большинство деревьев усохло, сохранившись по окраине ельника.

При суммации прямой солнечной радиации с недобором осадков все в любом возрасте деревья (110-летние не явились исключением) на осушенной территории усохли. Увеличение ее притока выступило в значении лимитирующего фактора для ели в островных локалитетах с измененным мелиорацией водным режимом, снижающего ее жизнеспособность и стволовую продуктивность.

Таким образом, прослеживается последовательная цепь взаимозависимых физических явлений в их влиянии на стволовую продуктивность ели (не только ели) в локалитетах с измененным осушительной мелиорацией водным режимом: поступление солнечной радиации → рост температуры воздушной среды и хвои → не полная обеспеченность транспирационным потоком эвапотранспирации из-за снижения грунтовых вод и недобора осадков → лимитирующее влияние прямой солнечной радиацией на радиальный прирост как начального звена этой цепи. В результате наступило массовое усыхание древостоя на мелиорированной территории Белорусского Полесья со свойственными ей почвенно-гидрогеологическими условиями.

Заключение

Эдафотопом островных ельников Белорусского Полесья (преобладающий тип леса – ельник черничный) служит иллювиально-гумусово-железистый подзол на кварцевых песках. Майский уровень грунтовых вод под ними на неосушенной территории залегает на глубине 0,2–0,3 м, снижаясь к осени до 0,4–0,6 м в зависимости от микрорельефа; на осушенной – на глубине 1,5–1,6 м, понижаясь к осени до 1,8–2,0 м. Ликвидировав переувлажненность эдафотопы, осушительная мелиорация способствовала увеличению продукционного потенциала ели в нарастании стволовой массы при измененных водных условиях. Выявленный максимальный радиальный прирост у ельников на осушенной территории до потепления климата после 1998 г. достигал значений 11,7–12,3 мм (возраст 85, 95 и 110 лет), по сравнению с 6,3–10,2 мм (возраст 85, 90 и 125 лет) на неосушенной территории, не зависимо от погодных условий (за исключением аномально холодных зим 1987 и 1996 гг.). Потепление климата после 1998 г. (в среднем за май–сентябрь на 1,1 °С при сокращении осадков на 51 мм) увеличило приток прямой солнечной радиации за эти месяцы до 1526 (1277 МДж/м² в предшествующие годы), обострило потребность ели во влаге, вызвав угнетение радиального прироста на осушенной (до минимальных 2,0 мм) и неосушенной (до 0,7 мм) территориях. Массовое усыхание древостоя островных ельников наступило после наивысшего притока прямой солнечной радиации (1840 МДж/м² за вегетационные месяцы май–сентябрь 2014 г.) в 2015 г. (1776 МДж/м²) с жарким, засушливым летом (июнь–август, 19,9 °С при норме 17,4 °С, 134 мм осадков при норме 239 мм) и в 2016 г. с аналогичными погодными условиями (в летние месяцы 162 мм осадков при 19,8 °С). Увеличение притока прямой солнечной радиации при потеплении климата после 1998 г. выступило в значении дополнительного лимитирующего фактора для ели в островных локалитетах, снизившего ее жизнеспособность, приведшую к крупномасштабной гибели древостоя.

Библиографические ссылки

1. Бекетов А. Н. О влиянии климата на возрастание сосны и ели // Труды 1-го съезда естествоиспытателей в Петербурге, происходившего с 28 декабря 1867 г. по 4 января 1968 г. Санкт-Петербург, 1868. С. 111–163.
2. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). Иошкар-Ола, 2000.
3. Лавров А. П. Гидрохимические особенности подземного стока в южных частях Беларуси // Геология и гидрогеология Припятского прогиба. Минск, 1963. С. 160–170.
4. Киселев В. Н., Матюшевская Е. В., Яротов А. Е. и др. Ельники Белорусского Полесья в современных климатических условиях // Мелиорация. № 1 (69). 2013. С. 66–79.
5. Окорокно И. В. Динамика лесной растительности Брестского Полесья: исторический аспект // Вестник БГУ. Сер. 2. 2006. № 2. С. 128–130.
6. Киселев В. Н., Матюшевская Е. В. Азональные лесные сообщества Белорусского Полесья с позиций учения о лесе Г. Ф. Морозова // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 8–11 июня 2015 г. В 2 ч. Ч. 1. Пинск, 2015. С. 135–138.
7. Матюшевская Е. В., Киселев В. Н., Яротов А. Е. и др. Продукционный потенциал ели для нарастания стволовой массы в условиях изменяющегося климата // Журнал Белорус. гос. ун-та «География, геология». 2017. № 2. С. 66–79.
8. Матюшевская Е. В. Факторы изменчивости радиального прироста деревьев. Минск, 2017.
9. Современное усыхание популяций ели европейской в Российском Полесье. URL: Zoofirma.ru/knigi/vostles/8843 (дата обращения: 08.03.2017).
10. Обзор климатических особенностей и опасных гидрометеорологических явлений на территории Республики Беларусь в 2002, 2012, 2013, 2014 и 2015 гг. Минск, 2016.
11. Обзор климатических особенностей и опасных гидрометеорологических явлений на территории Республики Беларусь в 2016 г. Минск, 2017.
12. Кононова Н. К. Сезонные особенности колебаний циркуляции атмосферы и температуры воздуха на Европейской территории России в XXI веке // Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, следствия, прогнозы): материалы Междунар. науч. конф., 26–27 июня 2012 г. Воронеж, 2012. С. 58–62.

References

1. Beketov A. N. [On the influence of climate on the growth of pine and spruce]. *Proceedings of the First Congress of Russian Naturalists in St. Petersburg, which took place from December 28, 1867 to January 4, 1868*. St.-Petersburg, 1868. P. 111–168 (in Russ.).
2. Demakov Y. P. [Diagnostics of the sustainability of forest ecosystems (methodological and methodological aspects)]. Ioshkar-Ola, 2000 (in Russ.).
3. Lavrov A. P. *Gidrokhimicheskiye osobennosti podzemnogo stoka v yuzhnykh chastyakh Belarusi. Geology and hydrogeology of the Pripyat Trough*. Minsk, 1963. P. 160–170 (in Russ.).
4. Kiselev V. N., Matyushevskaya Ye. V., Yarotov A. Ye., et al. *Yel'niki Belorusskogo Polyes'ya v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh. Melioration*. 2013. No. 1 (69). P. 66–79 (in Russ.).

5. Okorokno I. V. [Dynamics of forest vegetation of Brest Polissya: a historical aspect]. *Vestik BSU*. Ser. 2. 2006. No. 2. P. 128–130 (in Russ.).
6. Kiselev V. N., Matyushevskaya E. V. [Azonal forest communities of the Byelorussian Polesie from positions of the doctrine of the forest G. F. Morozova]. Intern. scientific-practical. Conf. *Natural resources of Polesie: estimation, use, protection*. V. 2. Pinsk, 2015. P. 135–138 (in Russ.).
7. Matyushevskaya E. V., Kiselev V. N., Jarotov A. E., et al. [Productive potential of spruce for the growth of stem mass in natural-zonal conditions in the territory of Belarus under a changing climate]. *J. Bel. Stat. Univ. «Geography, Geology»*. 2017. No. 2. P. 66–79.
8. [Factors of variability of radial growth of trees]. Minsk, 2017 (in Russ.).
9. [Modern desiccation of European spruce populations in Russian Polesye]. URL: Zoofirma.ru/knigi/vostles/8843 (date of access: 08.03.2017) (in Russ.).
10. [Review of climatic features and dangerous hydrometeorological phenomena in the territory of the Republic of Belarus in 2002, 2012, 2013, 2014 and 2015]. Minsk, 2016 (in Russ.).
11. [Review of climatic features and dangerous hydrometeorological phenomena in the territory of the Republic of Belarus in 2016]. Minsk, 2016. (in Russ.).
12. Kononova N. K. Sezonnyye osobennosti kolebaniy tsirkulyatsii atmosfery i temperatury vozdukha na Yevropeyskoy territorii Rossii v XXI veke. *Regional effects of global climate change (causes, consequences, forecasts)*: material Intern. scientific. conf., 26–27 iyunya 2012 g. Voronezh, 2012. P. 58–62 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 07.05.2018
Received by editorial board 07.05.2018