
ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

INDUSTRIAL AND AGRICULTURAL ECOLOGY

УДК 504.062(476)

ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОСНЫ ДЛЯ НАРАСТАНИЯ СТВОЛОВОЙ МАССЫ НА АВТОМОРФНЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

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

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

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

Образец цитирования:

Матюшевская Е. В., Киселев В. Н., Яротов А. Е., Митрахович П. А. Продукционный потенциал сосны для нарастания стволовой массы на автоморфных песчаных почвах Белорусского Полесья // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2019. № 1. С. 65–75.

For citation:

Matiushevskaya E. V., Kisieliou V. N., Jarotou A. E., Mitrakhovich P. A. Pine production potential for stemple mass growth on automorphic sandy soils of Belarusian Polesje. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2019. No. 1. P. 65–75 (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 ВНК «Дендрозкология».

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

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

Authors:

Ekaterina V. Matiushevskaya, PhD (geography), docent; associate professor at the department of general geography and hidrometeorology.

katerina.vn@icloud.com

Viktor N. Kisieliou, doctor of science (geography), full professor; PI of the temporary scientific group «Dendroecogy».

kiselev-vn@yandex.ru

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

dehrono@mail.ru

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

Mitrakhovichpa@mail.ru

Определен ресурсный потенциал сосны для нарастания стволовой массы на автоморфной кварцевопесчаной почве Белорусского Полесья, который проявился до потепления климата и увеличения притока прямой солнечной радиации после 1998 г. Понижение грунтовых вод, сопровождавшее осушительную мелиорацию, в изменившихся погодно-климатических условиях во второй половине 90-х годов обострило лимитирующее значение естественных экологических факторов (солнечной радиации, температуры и осадков) и повлияло на состояние и продукционный потенциал сосны. Это вызвало массовое усыхание древостоя в искусственно созданных лесостепях на землях, оказавшихся не пригодными для сельскохозяйственного использования.

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

PINE PRODUCTION POTENTIAL FOR STEM MASS GROWTH ON AUTOMORPHIC SANDY SOILS OF BELARUSIAN POLESJE

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

*^aBelarusian State University,
4 Neyzaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus*

*^bBelarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,
18 Savieckaja Street, Minsk 220050, Belarus*

Corresponding author: V. N. Kisieliou (kiselev-vn@yandex.ru)

The results of the study of the current state and production potential of pine for the growth of stem mass in changing climatic conditions in the Belarusian Polesje are presented. Large-scale land drainage, which resulted in a decrease in subsurface groundwater in areas adjacent to swampy and wetland lands with quartz-sandy soils, exacerbated the limiting importance of natural environmental factors: solar radiation, temperature and precipitation in their influence on the state and product potential pine trees, causing mass drying of the stand in anomalous weather conditions after 2014.

Key words: Belorussian Polesie; pine; melioration; tree-ring; solar radiation; climate.

Введение

В нашем исследовании подчеркивается экологическое и экономическое значение Белорусского Полесья, уникального края, отличающегося своим природно-климатическим своеобразием. Экономическая конъюнктура может усилить или ослабить пресс на лесные ресурсы, не уменьшая при этом их природоохранного значения. Здесь важно учесть все естественные и антропогенные факторы, оказывающие влияние на рост и развитие сохранившихся и восстанавливаемых лесных массивов. В этом плане могут оказаться полезными дендроклиматические исследования, позволяющие проследить временную динамику реализацией древостоем продукционных возможностей в нарастании стволовой массы – основного ресурсного потенциала экономического значения лесов.

Ключевое значение в природоохранном отношении принадлежит сосновой формации, на долю которой приходится больше половины лесной площади [1; 2]. Особая роль в сохранении сложившейся экологической ситуации после осушительной мелиорации в изменяющихся климатических условиях отводится именно сосне (*Pinus sylvestris* (L.)). Только она способна занимать участки слабо увлажняемых осадками рыхлых почв песчаных междуречий канализированных малых рек с освоенными, заболоченными в прошлом долинами, под сельскохозяйственное использование.

Уникальность ее насаждений заключается в том, что их литологической основой служат покровные кварцевые пески [3], которые значительно осложняют ведение лесного хозяйства. Автоморфные почвы на них (почвы только атмосферного увлажнения) отличаются исключительной бедностью. Малое содержание или полное отсутствие глинистых минералов не способствовало образованию почвенного поглощающего комплекса. Следует отметить, что кварцевые пески обладают особыми водно-физическими свойствами – повышенной порозностью и высокой фильтрующей способностью. Ситуация усугубляется на территориях, на которых выполнялась осушительная мелиорация. После нее «сырые пески» с глубиной залегания грунтовых вод во втором полуметре от поверхности почвы трансформировались в автоморфные.

На международной научно-практической конференции по вопросам деревообработки и антропогенного воздействия на лесные ресурсы [4] отмечалось, что в условиях сложной экологической обстановки возрастает роль леса в природе как ее основного компонента. При усиливающемся антропогенном факторе воздействия на окружающую среду, приобретающем зачастую невосполнимый, необратимый

характер, вопрос использования и воспроизводства лесных ресурсов свидетельствует об особой актуальности проблемы. В связи с этим целесообразно расширить спектр научных исследований, связанных с экологическими и экономическими аспектами лесовыращивания.

Материалы и методика исследования

Современное отмирание древостоя сосны на Белорусском Полесье можно рассматривать как экологическое бедствие. Короедное усыхание наиболее масштабно охватило ее в возрасте до 35 лет и в меньшей степени в более возрастных насаждениях [5]. Ситуация с сосной в этом регионе – это концентрированное отражение ее состояния на других территориях Беларуси, а также в полосе полесий в Украине, России и Польше.

Для выяснения причин угнетения и отмирания сосны нами был исследован многолетний ход изменчивости максимального индивидуального (каждого дерева) радиального прироста 52 деревьев сосняка мшистого (*Pinetum pleuroziosum*) на осушенной территории в Светлогорском и Октябрьском лесхозах (мелиоративные объекты «Ипа–Виша» и «Нератовка»), объединенных в одновозрастные серии 105 лет (14 стволов диаметром 32–40 см), 120 лет (13 – 40–54 см), 155 лет (16 – 52–58 см) и 200 лет (9 стволов диаметром 54–58 см).

Для получения продолжительных (от 105 до 200 лет) дендрохронологий образцы древесины (керны) отбирались возрастным буровом на высоте 1,3 м у наиболее крупных здоровых деревьев в пределах квартала, не привязанных к одному выделу, чтобы избежать взаимного влияния деревьев. Только таким образом удалось получить массовый материал для дендроклиматического анализа изменчивости продукционного потенциала сосны в меняющихся климатических условиях XIX–XXI вв. Исследование проводилось с целью определения поведения сосны при вероятном возврате предшествующих современному потеплению климатических условий (что не исключено) и ожидаемом дальнейшем изменении климата.

Ресурсный потенциал древостоя определяется более высокими размерностями индивидуального радиального прироста конкретного дерева по сравнению с другими в одновозрастной серии (группе), а не осредненными показателями годовичных колец по этой же серии. Поэтому наша задача заключалась в выявлении данного показателя в календарной годичной привязке как потенциала нарастания стволовой массы.

Тип леса – сосняк мшистый с доминированием в напочвенном покрове мха Шребера (*Pleurozium schreberi*) с участием лишайника *Cladonia rangiferina*. Почва дерново-подзолистая слабо развитая на кварцевом песке со следующими горизонтами: элювиально-гумусный A_1A_2 (мощностью до 24 см, рыхлый мелкозернистый, пылеватый, монотонный светло-серый) и материнская порода, слабо затронутая почвенными процессами BC (24–200 см, рыхлый, разнотонный, светло-беловатый, сверху со слабо заметными сероватыми затеками, в средней и нижней частях монотонный, влажный). Лесная подстилка маломощна (до 2 см) или отсутствует.

Полевые исследования на междуречьях Ипы и Нератовки, канализированных в последней четверти XIX в., выполнялись еще Западной экспедицией И. И. Жилинского. Последнее переустройство мелиоративной сети осуществлено в 1960–1970-е гг. [6]. Осушенные болота и заболоченные земли использовались и используются в сельскохозяйственных целях как пахотные угодья. Таким образом, сосна на этих междуречьях с покровными кварцевыми песками уже в течение более 100 лет находится в условиях искусственного снижения грунтовых вод, следовательно, возврат к исходному их уровню уже невозможен. Их стабилизация на песчаных водоразделах после осушительной мелиорации происходит в течение 25 лет [7].

Временной анализ изменчивости максимального индивидуального радиального прироста, отражающего биопродукционный потенциал сосны при разных климатических условиях, нами выполнен до 1998 г. и после указанного года с заметно выраженным потеплением и резким увеличением притока прямой солнечной радиации [8].

Результаты исследования и их обсуждение

При разрывании в конце 1960-х гг. крупномасштабных мелиоративных работ на Полесье особую остроту приобрела проблема изменения первичной продуктивности лесов. Основным показателем, количественно определяющим характер влияния измененного водного режима песчаных почв в результате осушительной мелиорации сопредельных болот, является текущий радиальный прирост древостоя. Возникшие при этом методические трудности в отношении выделения роли тех или иных факторов, особенно мелиоративного, в формировании прироста и существовавшие разногласия по этому поводу позволили включить в долгосрочный прогноз 1970 г. «Оценка влияния осушительных мелиораций на изменение водного режима территории, природного ландшафта, флоры и фауны» только предварительные замечания [9].

В разработанных (1978 г.) Временной комиссией положениях «Методические рекомендации по оценке влияния мелиоративных систем на экологические комплексы прилегающих территорий» [10]

в качестве компромиссного решения было принято, что при условии неизменности климатической ситуации на Полесье, понижение грунтовых вод в результате осушительной мелиорации на 0,5 м (по сравнению с исходным уровнем) не вызывает существенных изменений текущего радиального прироста лесов на песчаных почвах региона.

После понижения грунтовых вод на 0,5–1,0 м, если их первоначальный уровень залегал не глубже 2,0 м, следует ожидать снижения стволовой продуктивности почти во всех сериях типов полесских лесов на этих почвах: в вересковой, брусничной, мшистой, орляковой, кисличной, снытевой и черничной. При понижении грунтовых вод более чем на 1,0 м должно происходить повсеместное (за исключением лесных фитоценозов на автоморфных почвах) снижение продуктивности лесов региона. Не исключалось, что негативное влияние понижения грунтовых вод может быть сглажено увеличением атмосферных осадков [10].

Результаты целенаправленных исследований, выполненных в 1970-е гг., свидетельствуют о том, что изменения в продуцировании древесной массы в сформировавшихся биогеоценозах сосны (тип леса сосняк мшистый и тип леса сосняк черничный), приспособленных к резкому колебанию увлажненности (чередование засушливых и влажных лет), несущественны. Изменения могут быть результативными спустя длительное время, в течение которого произойдет стабилизация в снижении грунтовых вод [11].

Понижение грунтовых вод, сопровождавшее осушительную мелиорацию, привело к массовому поражению культур сосны на выводимых из сельхозпользования малоплодородных песчаных почв в междуречьях Ипы, Виши, Неначи, Нератовки, Тремли, Желони и других канализированных малых рек (Светлогорский, Октябрьский, Калинковичский, Наровлянский, Петриковский лесхозы). Облесение вырубок и бывших сельскохозяйственных угодий потребовало конкретного ответа на вопрос: «Какими будут лесные ценозы после завершения мелиоративного освоения Белорусского Полесья?» [11].

За прошедшие почти 50 лет после разработки прогноза «Оценка влияния осушительных мероприятий на изменение водного режима территории, природного ландшафта, флоры и фауны» и 40 лет после утверждения в Совете Министров БССР положений «Методические рекомендации по оценке влияния мелиоративных систем на экологические комплексы прилегающих территорий», которые использовались Союзгипромелиоводхозом и Белгипроводхозом для принятия проектных решений по конкретным объектам на заключительном этапе мелиоративного освоения Полесья, изменился климат, произошла стабилизация в снижении уровня грунтовых вод и, главное, лесные экосистемы развиваются в новых экологических условиях. Отсюда следует предпринятая нами попытка оценить состояние культуры сосны, входящей в средний возраст на бросовых песчаных почвах, и ее естественных насаждений, оказавшихся в измененных условиях грунтового увлажнения, с привлечением максимального радиального прироста древесины.

Форма кривых возрастного тренда значений всех структурных элементов ствола дерева разнообразна. Возрастной тренд динамики ширины годичного кольца описывается куполообразной кривой с точкой перегиба, которая чаще всего приходится на возраст не более 6–10 лет. На высоте 1,3 м от корневой шейки эти кривые, как правило, не имеют точки перегиба [12]. Максимальный индивидуальный радиальный прирост сосны (за пределами точки перегиба) на кварцевых песках в своей временной динамике не отличался постоянством, не мог быть приурочен к куполу возрастной кривой и характеризовался значительной изменчивостью в разные календарные сроки, не имея одногодичной привязки (рис. 1).

Годы его реализации до 1998 г. у деревьев всех возрастных серий и между ними не совпадали. Подобное случилось только у двух 120-летних деревьев в засушливом 1959 г. (457 мм при годовой температуре 7,6 °С, за безлиственный период 1,6 °С). У двух деревьев 155-летнего возраста наоборот – при обильных осадках 1970 г. (за год 826 мм, в т. ч. в безлиственный период 422 мм и в вегетационный 404 мм) с умеренными температурными условиями (за год 6,1 °С, за безлиственный период – 0,8 °С), у 200-летних – до начала метеорологический наблюдений.

У всех деревьев в каждой возрастной серии максимальный радиальный прирост до 1998 г. изменялся в значительном диапазоне: в меньшем значении у 200-летних деревьев (1,7–4,5 мм), сравнительно равном у 155- и 120-летнего возраста (2,0–6,3 и 2,3–6,6 мм) и большем у 105-летнего (3,0–7,5 мм). С уменьшением возраста его диапазон непостоянства увеличивался. Максимальный индивидуальный прирост у 200-летнего поколения был ниже не только в течение всей его жизни, но и до 100-летнего возраста, не приобретая значений более молодых поколений, вероятными причинами которого могли быть погодно-климатические условия окончания малой ледниковой эпохи [8].

После 1998 г. при более высоких значениях температурного диапазона, но при малом его изменении относительно выпадения осадков, во всех возрастных группах максимальный индивидуальный радиальный прирост значительно сократился – в 2–3 раза. Причем этот показатель стволовой продуктивности у деревьев стал календарно совпадать, однако до 1998 г. такое совпадение, как отмечалось, встречалось в единичных случаях.

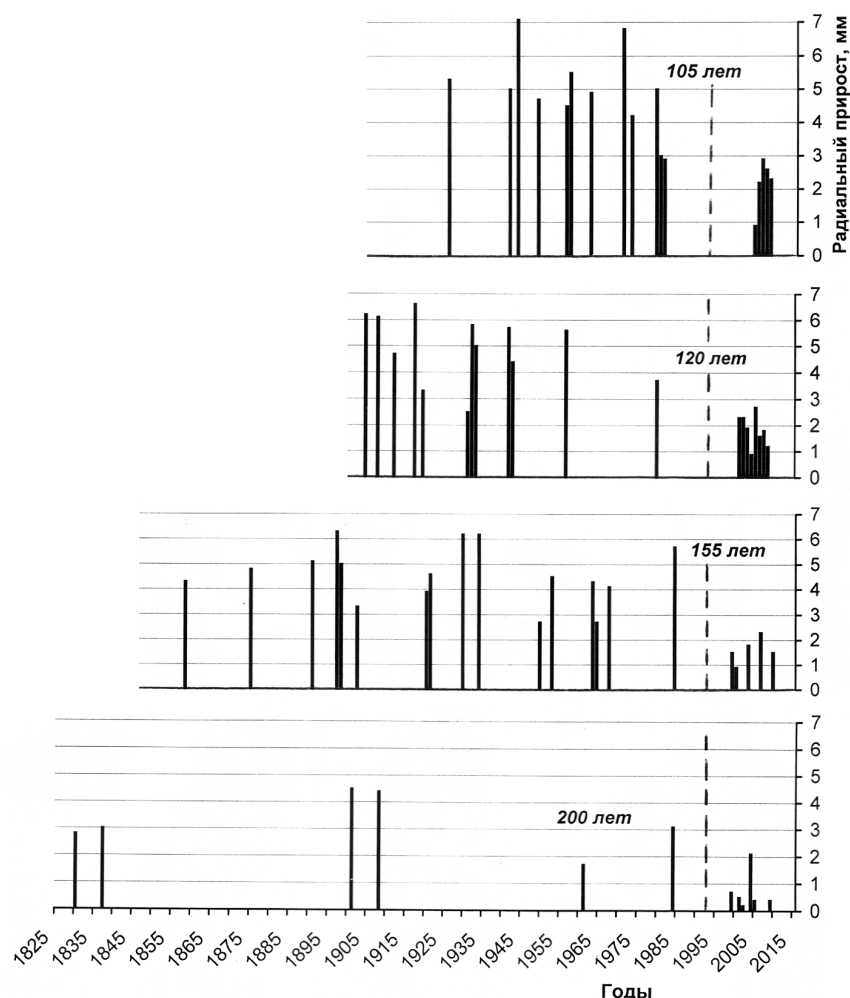


Рис. 1. Многолетний ход изменчивости внутрисериального максимального индивидуального радиального прироста сосны на автоморфной кварцево-песчаной почве. Вертикальной штриховой линией обозначен 1998 г.

Fig. 1. The multi-year course of variability of the intra-serial maximum individual radial growth of pine on automorphic quartz sandy soil. Vertical bar line marked 1998.

Максимальный индивидуальный радиальный прирост у деревьев возникал при широком диапазоне метеорологических величин как до, так и при потеплении после 1998 г. за месяцы безлиственного периода (октябрь–апрель), активного роста (май–июнь), вегетационного периода (май–сентябрь) и за гидрологический год (октябрь–апрель) (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия лет с максимальным индивидуальным радиальным приростом сосны на автоморфных песчаных почвах Белорусского Полесья

Table 1

Meteorological conditions of years with the maximum
Individual radial growth of pine on automorphic sandy soils of the Belarusian Polesje

Значения	Температура, t °C				Осадки, мм			
	октябрь – апрель	май – июнь	май – сентябрь	год	октябрь – апрель	май – июнь	май – сентябрь	год
До 1998 г.								
Средние	-0,3	15,4	15,6	6,4	293	139	362	641
диапазон	-2,9–(+1,6)	12,7–17,5	14,8–17,3	5,1–8,0	176–452	73–245	189–468	362–826
После 1998 г.								
Средние	1,5	16,0	16,7	7,9	368	134	311	679
диапазон	-1,1–(+2,8)	12,1–18,1	15,3–18,7	6,3–8,9	262–489	51–254	271–457	533–790

После 1998 г. наиболее благоприятным для нарастания стволовой массы у сосны оказался 2004 г. с наибольшим количеством осадков (790 мм), их обильным выпадением (419 мм) в безлиственный период и с относительно холодным вегетационным периодом (13,8 °С). В этот год радиальный прирост был наибольшим у всех возрастных поколений, но в 2 раза с меньшим значением, чем в климатических условиях до 1998 г. В климатических условиях Полесья до этого года продукционный потенциал сосны на кварцево-песчаной почве Полесья проявился в предельных значениях максимального индивидуального радиального прироста. Единичные эпизоды этих значений также календарно не совпадали: у 200-летнего дерева (4,5 мм) – 1901 г., 155-летнего (6,3 мм) – 1903 г., 120-летнего (6,6 мм) – 1923 г. и у 105-летнего (7,5 мм) – 1966 г. Сосна продемонстрировала свой продукционный потенциал в нарастании стволовой массы при различных погодных условиях (табл. 2).

Таблица 2

Метеорологические условия лет предельного значения максимального индивидуального радиального прироста сосны на автоморфных кварцево-песчаных почвах до 1998 г.

Table 2

Meteorological conditions of the years of the limiting value of the maximum individual radial increments of pine on automorphic quartz-sandy soils until 1998

Годы	Температура, t °C				Осадки, мм			
	октябрь – апрель	май – июнь	май – сентябрь	год	октябрь – апрель	май – июнь	май – сентябрь	год
1901	-0,1	17,5	17	7	243	132	310	553
1903	-0,1	16,6	16,5	6,8	277	245	515	792
1923	-0,8	14,6	15,1	5,8	–	184	402	–
1966	0,7	16,4	16,3	7,2	347	147	241	588

Изменение только метеорологических величин и даже водного режима почвы не могло привести к масштабному поражению ксерофита сосны после 1998 г. Следует отметить, что подобное раньше не наблюдалось. Массовой гибели древостоя вблизи мелиоративных объектов не отмечалось при аномально сильных засухах 1955 г. (за летние месяцы выпало 123 мм осадков), 1963 г. (94 мм) и 1976 г. (121 мм) и после них, хотя осадков было меньше, чем в 2015 г. (134 мм) и в 2016 г. (162 мм). Нужен был дополнительный сильнодействующий экологический фактор, чтобы в условиях измененного водного режима песчаной почвы и недобора осадков вызвать массовое отмирание ксерофита сосны.

Поступление солнечной радиации в фитоценозы Белорусского Полесья до этого года изменялось незначительно. После него приток прямой солнечной радиации за месяцы вегетационного периода увеличился на 319 МДж / м² (или на 26,0 %) по сравнению с предыдущими 1977–1998 гг. В 2014 и 2015 гг. он достиг наиболее высоких, рекордных значений – в 2014 г. (1840 МДж / м²) и в 2015 г. (1776 МДж / м²). При этом количество осадков за летние месяцы уменьшилось [8].

Понижившиеся после осушительной мелиорации грунтовые воды (глубже 2,0 м) не оказывают влияния на содержание влагозапасов в корнеобитаемом слое [13]. В условиях водного голода хвоя сосны не может противостоять яркому солнечному сиянию и приобретает к августу рыжую и бурую окраску как индикатор солнечного ожога (по аналогии с весенним ожогом у хвойных при обезвоживании хвои в результате водного голода при замерзшей почве). Подобная ситуация возникала и раньше (1999 г.) при несколько меньшем значении (1689 МДж / м²) прямой солнечной радиации, чем в 2014–2015 гг. Опавшая хвоя накрыла в октябре рыжим ковром напочвенный покров у сосняка мшистого.

Кроме естественных факторов (недобор осадков, малоснежная зима), обезвоживанию хвои у сосны во многом способствовал изменившийся после осушительной мелиорации водный режим кварцево-песчаного эдафотопы. Воднофизические исследования режима влажности песчаных почв под 15-летними культурами сосны на бывшей пашне в Наровлянском лесхозе показали, что почвенный профиль как в год со значительным недобором весенне-летне-осенних осадков (рис. 2), так и с большим количеством летних осадков (рис. 3) имеет глубокое резко выраженное иссушение [11].

Обильные ливневые дожди вызывали лишь незначительное промачивание (до 30–40 см) корнеобитаемого горизонта. Учитывая, что для нормального роста культуры сосны важным показателем является весенний запас влаги и глубина залегания грунтовых вод в первую половину вегетационного периода [14], такие предпосылки на кварцево-песчаных почвах не создаются даже при благоприятном выпадении осадков. Нижним оптимальным пределом для нормального развития растений является 6–7 весовых процента [15]. Следует отметить, что между омброгоризонтом, эпизодически увлажняемым атмосферными

осадками, и трихогоризонтом с капиллярным поднятием грунтовых вод залегает песчаный слой с постоянно низкой влажностью, непреодолимый для формирующейся корневой системы сосны.

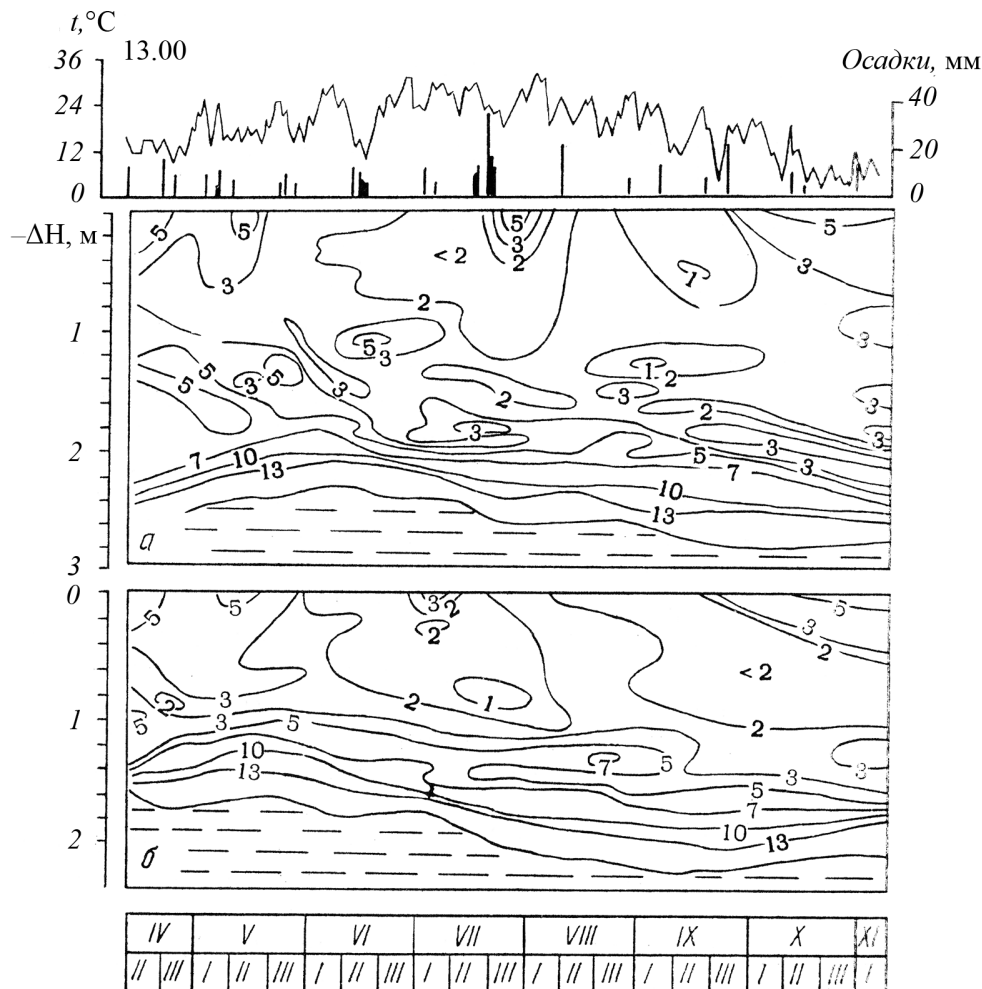


Рис. 2. Режим влажности в зоне аэрации песчаных почв от оттаивания до промерзания над водоносным горизонтом под культурами сосны в условиях засушливого весенне-летне-осеннего периода (1, 2, 3, 5, ... – хроноизолеты, водоносный горизонт заштрихован) [11]

Fig. 2. Humidity regime in the aeration zone of sandy soils from thawing to freezing above the aquifer under pine cultures in the conditions of arid spring-summer-autumn period (1, 2, 3, 5, ... – chronoisolets, aquifer horizon is shaded) [11]

Понижение грунтовых вод в почвах на кварцевых песках, сопровождавшее осушительную мелиорацию, в конечном итоге сказалось на формировании лесных массивов юга Беларуси на бросовых песчаных землях, оказавшихся не пригодными для сельскохозяйственного использования. В результате этих лесокультурных работ сформировались одновозрастные насаждения, которые с первых лет существования развивались в условиях искусственного понижения грунтовых вод. Длительное иссушение верхнего слоя песчаной почвы на кварцевых песках с быстрым разрушением маломощной лесной подстилки и гумусного горизонта приводило к гибели культуры сосны со слабо развитой корневой системой или ее повреждение энтомофитами [6].

Как отмечалось, короедное усыхание сосны наиболее масштабно охватило ее в возрасте до 35 лет и в меньшей степени в более возрастных насаждениях [5]. Причина этой меньшей подверженности усыханию древостоя, по всей видимости, заключена в приспособительной функции корневой системы к изменившимся условиям водного питания. И. Н. Рахтеенко [16] отмечал, что вертикальные боковые корни сосны в поисках влаги и питательных веществ достигают глубины 2,5–3,0 м, при этом ростовые корни за вегетационный период могут увеличиваться на 25–30 см. Ростовые окончания физиологически активных корней обладают вообще способностью к неограниченному росту. Выполненные раскопки корневых систем в 50–65-летних древостоях свидетельствуют [11; 12], что основная масса проводящих горизонтальных и физиологически активных корней сосредоточена в верхнем почвенном слое (рис. 4).

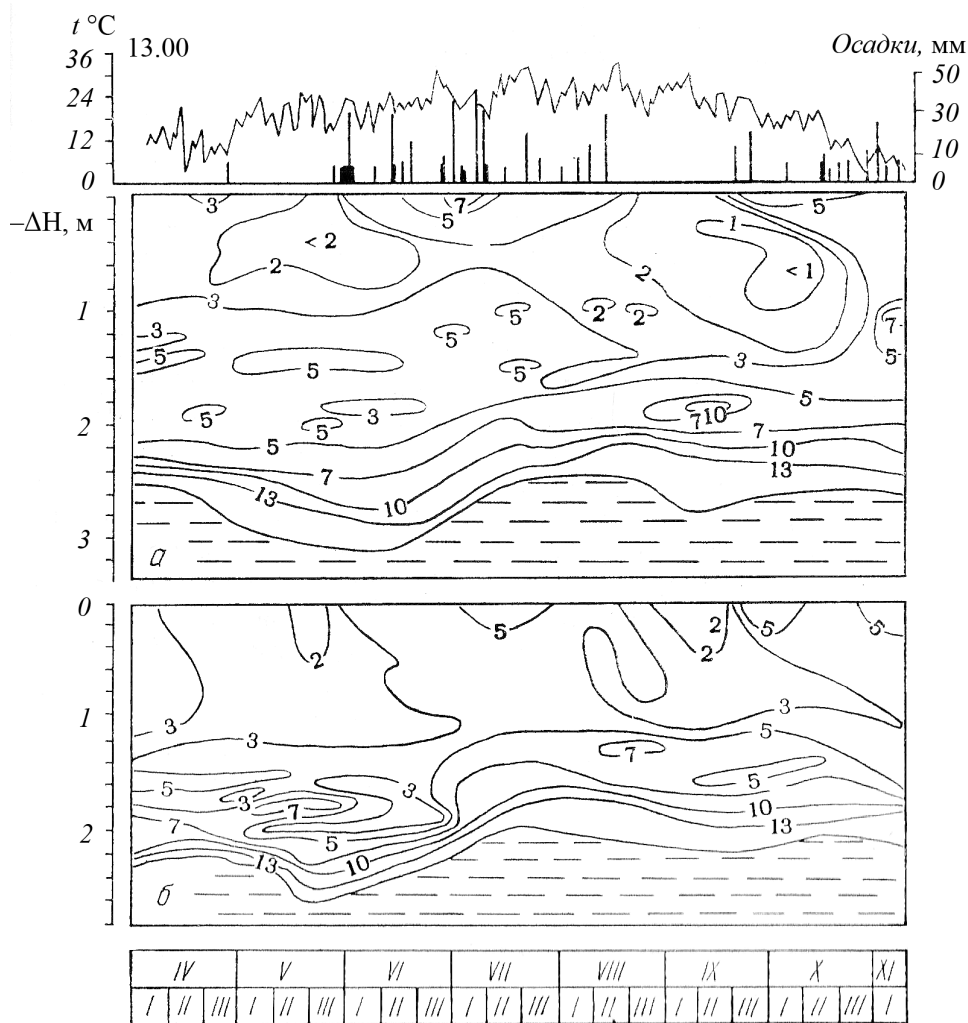


Рис. 3. Режим влажности в зоне аэрации песчаных почв от оттаивания до промерзания над водоносным горизонтом под культурой сосны в условиях обильных летних осадков [11]

Fig. 3. Humidity regime in the aeration zone of sandy soils from thawing to freezing above the aquifer under pine culture under conditions of heavy summer precipitation [11]

Горизонтальное ветвление проводящих горизонтальных корней имеет место при достижении ими подстилающего песок плотного слоя моренных супесчаных отложений на глубине 1,55–1,65 м. Эти горизонтальные окончания обладают значительным количеством сосущих корешков. Вертикальные корни достигли наибольшей глубины (до 2,3 м) при уровне грунтовых вод на 3,5 м ниже поверхности. О том, что корневые окончания на такой глубине физиологически активны, свидетельствует наличие у них сосущих корешков.

Можно предположить, что корни достигали зафиксированной глубины по мере снижения грунтовых вод при выполнении осушительной мелиорации смежных переувлажненных земель. По данным И. Н. Рахтеенко [16], корни интенсивно нарастают и проникают вглубь песчаной почвы примерно до 30-летнего возраста. В дальнейшем происходит только количественное увеличение корней на достигнутой глубине. Давность мелиорации к началу изучения корневых систем (1979 г.) у исследованных насаждений составила 21 год – время после нее укладывается в тот возрастной период, когда рост корней вглубь уже угасает или прекращается. Приспособительные функции корневой системы к изменяющимся водным условиям среды указали только на тенденцию снижения древесного прироста сосны, местопроизрастанием насаждения которой не являлись бросовые истощенные пахотные угодья, связанные с понижением грунтовых вод в результате осушительной мелиорации [11; 12].

Совершенно иная ситуация с сосной на бросовых песчаных землях. Раскопки показали, что корни этого растения в культуре на них проникают только до глубины 50 см [11; 12]. Суммация прямой солнечной радиации с недобором осадков при изменном водном режиме кварцево-песчаных почв снизила жизнеспособность сосны, вызвав массовое угнетение ее древостоя. Увеличение гелиорадиационного

притока в первую очередь выступило в значении дополнительного важнейшего лимитирующего фактора для культуры сосны в возрасте до 35 лет и старше на бросовых старопахотных землях (бывших сырых песках) после их передачи лесному хозяйству.

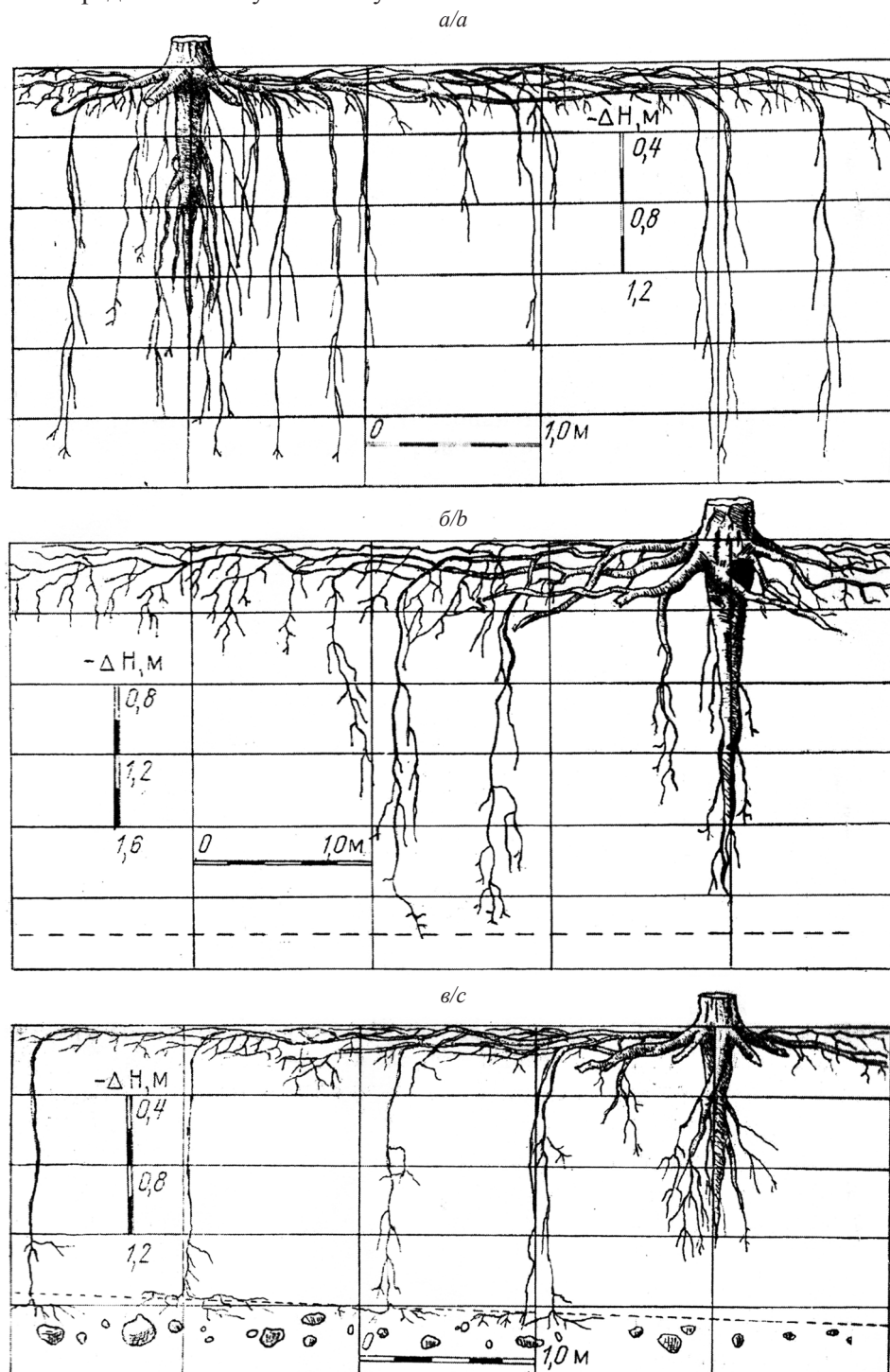


Рис. 4. Строение корневой системы сосны в песчаной почве: а – при глубоком залегании грунтовых вод; б – при глубине залегания грунтовых вод 2,2 м (штриховая линия); в – при подстилании моренной супесью [11; 12]

Fig. 4. The structure of the pine root system in sandy soil: а – with depth groundwater; б – with groundwater depth 2.2 m (dashed line); в – when styled with moraine sandy loam [11; 12]

Цепь последовательно зависимых процессов выстраивается следующим образом: возрастание поступления прямой солнечной радиации → рост температуры воздушной среды и хвои → неполная обеспеченность эвапотранспирации через транспирационный ток влагой из-за ограниченности

влажностного содержания в кварцево-песчаной почве при глубоком залегании грунтовых вод → сокращение транспирации → повреждение хвои → угнетение стволовой продуктивности сосны вплоть до усыхания древостоя. Ослабленные деревья оказались легкой добычей верхушечного короеда.

Крупномасштабная осушительная мелиорация, в результате которой произошло снижение приповерхностных грунтовых вод на сопредельных с освоенными болотами и заболоченными землями кварцево-песчаных территориях, обострила лимитирующее значение естественных экологических факторов (солнечной радиации, температуры и осадков) в их влиянии на состояние и продукционный потенциал как сосны, так и ели в «островном» произрастании [8], вызвав массовое усыхание древостоя.

Прогноз динамики климата, особенно долгосрочный, по данным дендрохронологических рядов, в пределах лесной зоны принципиально невозможен [13]. Однако это не исключает возникновения погодноклиматических аномалий на ближайшую и отдаленную перспективу, которые могут приводить к кризисным явлениям, особенно в искусственно создаваемых лесостепях на истощенных землях. В связи с оптимизацией землепользования Беларуси планируется вывести из сельскохозяйственного оборота (с баллом бонитета ниже 25) 1,2 млн га, из них передать для ведения лесного хозяйства 790,0 тыс. га. Следует отметить, что на истощенных землях проведены лесные посадки на площади около 600,0 тыс. га [17; 18]. Повторение кризисных ситуаций будет особенно чувствительно в лесах на Белорусском Полесье, поскольку природой определены ограничения в использовании лесных и земельных ресурсов. Для сохранения экологического значения сосновых лесов на кварцевых песках необходимо сократить их роль в лесопромышленных целях. Природные особенности юга Беларуси, заключающиеся в широком распространении покровных кварцевых песков, должны учитываться при лесохозяйственном возобновлении насаждений сосны в природных условиях, сложившихся после осушительной мелиорации.

Заключение

Максимальный индивидуальный радиальный прирост сосны, отражающий ее потенциал в нарастании стволовой массы по диаметру, не имел календарной одногодичной привязки в климатических условиях до XX в., не подчинялся никаким закономерностям и не зависел от погодных условий при постоянных лимитирующих факторах (слабо развитая почва на кварцевых песках с низким влажностным содержанием) Белорусского Полесья. Численное значение (от 1,7 до 7,5 мм) указывает на его вариабельность в автоморфных условиях кварцево-песчаного эдафотопы после понижения грунтовых вод в результате осушительной мелиорации сопредельных болот и заболоченных земель. Суммация естественных (увеличение притока прямой солнечной радиации, потепление климата) и антропогенных (культура сосны на бросовых пашнях, понижение грунтовых вод) факторов в XXI в. (после 1998 г.) вызвала угнетение сосны, выразившееся в сокращении максимального индивидуального радиального прироста в 2,0–2,5 раза и приведшее к массовому усыханию ее древостоя при летних засухах 2014–2015 гг. Не исключается появление погодноклиматических аномалий на ближайшую и отдаленную перспективу, что будет приводить к кризисным явлениям в искусственно создаваемых лесостепях на истощенных землях.

Библиографические ссылки

1. Ловчий Н. Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья. Минск, 2012.
2. Багинский В. Ф., Липицкая О. В. Ведение лесного хозяйства в сосновых лесах Белорусского Полесья // Известия Гом. гос. ун-та им. Ф. Скорины. № 3 (96). 2016. С. 16–20.
3. Русаленко А. И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность. Минск, 1986.
4. Резолюция Международной научно-практической конференции по вопросам деревообработки и антропогенного воздействия на лесные ресурсы / П. А. Саскавич (ред.). Горки, 2017. С. 8–15.
5. Сазонов А. А., Звягинцев В. Б., Кухта В. Н. и др. Ведение лесного хозяйства в условиях короедного усыхания сосны. Минск, 2017.
6. Киселев, В. Н. Белорусское Полесье: экологические проблемы мелиоративного освоения. Минск, 1987.
7. Комплексные экспериментальные исследования ландшафтов Припятского заповедника / под ред. А. В. Бойко, Е. А. Сидорович, А. Б. Моисеева. Минск, 1976.
8. Матюшевская Е. В., Киселев В. Н., Ярот А. Е. и др. Сравнительный анализ продукционного потенциала ели на осушенной и неосушенной территориях Белорусского Полесья // Журнал Бел. гос. ун-та. Экология. 2018. № 2. С. 38–47.
9. Смольский, Н. В. К вопросу прогноза изменения природных условий в Полесье в связи с мелиорацией земель // Проблемы Полесья: сб. ст. Минск, 1970. Ч. 1. С. 5–14.
10. Методические рекомендации по оценке влияния мелиоративных систем на экологические комплексы прилегающих территорий. Минск, 1978.
11. Киселев В. Н., Чубанов К. Д. Ландшафтно-экологические исследования Белорусского Полесья. Минск, 1979.
12. Киселев В. Н., Матюшевская Е. В., Ярот А. Е. и др. Хвойные леса Беларуси в современных климатических условиях (дендроклиматический анализ). Минск, 2010.

13. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). Иошкар-Ола, 2000.
14. Бойко А. В., Смоляк Л. П. Бягучы прыраст лясных цэнозоў на прылягаючых да асушанага балота мінеральных землях Палесся // Весці АН БССР, серыя біял. навук. 1971. № 3. С. 37–42.
15. Зайдельман Ф. Р., Закс В. Г. Особенности мелиорации легких почв полесских ландшафтов // Почвоведение. 1972. № 1. С. 15–22.
16. Рахтеенко И. Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск, 1963.
17. Морозов Г. М. Рациональное использование выводимых из сельскохозяйственного оборота земель // Белорусское сельское хозяйство. 2004. № 2. С. 7–9.
18. Волович П. И., Кузьменков М. В. Лесоразведение и лесистость территории Республики Беларусь: возможности и перспективы ее повышения // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. Гомель, 2011. Вып. 71. С. 20–30.

References

1. Lovchiy N. F. [Cadastre of types of pine forests of the Belarusian Polesie]. Minsk, 2012 (in Russ.).
2. Baginskiy V. F., Lapitskaya O. V. [Forest management in the pine forests of the Belarusian Polesye]. *News Gom. State University*. 2016. No 3 (96). P. 16–20 (in Russ.).
3. Rusalenko A. I. [Annual growth of trees and moisture supply]. Minsk, 1986 (in Russ.).
4. Saskevich P. A. (ed.). [Resolution of the International Scientific and Practical Conference on the woodworking and anthropogenic impact on forest resources]. Gorki, 2017. P. 8–15 (in Russ.).
5. Sazonov A. A., Zvyagintsev V. B., Kukhta V. N., et al. [Forest management in conditions of bark beetle pine drying]. Minsk, 2017 (in Russ.).
6. Kiselev V. N. [Belarusian Polesie: environmental problems of land reclamation]. Minsk, 1987 (in Russ.).
7. Bojko A. B., Sidorovitch E. A., Moiseeva A. B. (eds.) [Comprehensive experimental studies of landscapes of the Pripyatsky Reserve]. Minsk, 1976 (in Russ.).
8. Matyushevskaya Ye. V., Kiselev V. N., Yarotov A. Ye., et. al. [Comparative analysis of the production potential of spruce in the dried and undrained territories of the Belarusian Polesie]. *J. Bel. State University. Ecology*. 2018. No. 2. P. 38–47 (in Russ.).
9. Smol'skiy N. V. [On the issue of forecasting changes in the natural conditions in Polesie in connection with land reclamation]. *Problems Polesye*: coll. art. Minsk, 1970. Part 1. P. 5–14 (in Russ.).
10. [Guidelines for assessing the impact of reclamation systems on ecological complexes of adjacent territories.]. Minsk, 1978 (in Russ.).
11. Kiselev V. N., Chubananov K. D. [Landscape-Ecological Studies of the Belarusian Polesie]. Minsk, 1979 (in Russ.).
12. Kiselev V. N., Matyushevskaya Ye. V., Yarotov A. Ye., et. al. [Coniferous forests of Belarus in modern climatic conditions (dendroclimatic analysis)]. Minsk, 2010 (in Russ.).
13. Demakov Yu. P. [Diagnostics of the sustainability of forest ecosystems (methodological and methodological aspects)]. Ioшkar-Ola, 2000 (in Russ.).
14. Bojko A. V., Smolyak L. P. [Current forest grows tsenozoў adjacent to the drained marshes of mineral fellowcountryman Polesie]. *News of the Academy of Sciences of the BSSR, Series of biol. science*. 1971. No 3. P. 37–42 (in Belarusian).
15. Zaydel'man F. R., Zacks V. G. [Peculiarities of light soil reclamation of the Polissya landscapes] *Soil Science*. 1972. No 1. P. 15–22 (in Russ.).
16. Rakhteyenko I. N. [Growth and interaction of the root systems of woody plants]. Minsk, 1963 (in Russ.).
17. Morozov G. M. [Rational use of lands withdrawn from agricultural use] *Belarusian Agriculture*. 2004. No. 2. P. 7–9 (in Russ.).
18. Volovich P. I., Kuzmenkov M. V. [Afforestation and forest cover of the territory of the Republic of Belarus: opportunities and prospects for its increase]. *Problems of forest management and forestry*: coll. of scientific papers. Gomel. 2011. Issue 71. P. 20–30 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 23.11.2018.
Received by editorial board 23.11.2018.