

Оригинальная статья

УДК 630.181

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-122-128



ПАРАМЕТРЫ КОМПЕНСАЦИИ ПОЧВЕННОГО ВЛАГОДЕФИЦИТА ПРИ ВЫСАДКЕ СЕЯНЦЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L. С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ НА ГАРЯХ ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ

Беховых Юрий Владимирович, канд. с.-х. наук, доцент

SPIN-код: 1634-4148, AuthorID: 125837; Phys_asau@rambler.ru

Беховых Лариса Александровна , канд. физ.-мат. наук, доцент

SPIN-код: 3440-6831, AuthorID: 702589; dekan.fpo208@yandex.ru

Алтайский государственный аграрный университет; 656049, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Красноармейский, 98, Россия

Аннотация. Целью исследований являлось определение почвенного влагодефицита и нормирующих параметров влагокомпенсации при высадке сеянцев *Pinus sylvestris* L. с закрытой корневой системой на гарях в условиях сухостепной климатической зоны. Исследования проводились в южной части Барнаульской ленты ленточных сосновых боров Алтайского края. Были определены общие, продуктивные и труднодоступные запасы влаги в почве. Наблюдения осуществлены в различные сроки и на разных элементах мезорельефа. Исследования показали, что параметры увлажнения 20-сантиметрового слоя почвы за весь период измерений достигают критически малых значений на всех рассмотренных элементах мезорельефа. Максимальное естественное содержание влаги было отмечено в низине увала во время июльских наблюдений. Наименьший естественный влагозапас был зарегистрирован в сентябре на южном склоне увала. Максимальный дефицит влаги составлял около 16 мм для 20-сантиметрового слоя исследованной почвы, 50 мм для метрового слоя и определялся сроком наблюдений, а также экспозицией мезорельефа. При искусственном лесовосстановлении *Pinus sylvestris* L. в районе проведения исследований сеянцами с закрытой корневой системой параметры влагокомпенсации составляют не менее 70-150 т/га для слоя почвы 0-0,2 м и 170-490 т/га для слоя 0-1,0 м. Рассчитанные параметры влагодефицита и влагокомпенсации в почвенных слоях могут быть полезными при планировании лесовосстановительных работ.

Ключевые слова: *pinus sylvestris*, дерново-подзолистые почвы, сухостепная зона, влажность почвы, влагоемкость почвы, продуктивные запасы влаги, запас труднодоступной влаги, дефицит влаги, поливная норма

Формат цитирования: Беховых Ю.В., Беховых Л.А. Параметры компенсации почвенного влагодефицита при высадке сеянцев *Pinus sylvestris* L. с закрытой корневой системой на гарях ленточных боров // Природообустройство. 2023. № 1. С. 122-128. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-122-128.

© Беховых Ю.В., Беховых Л.А., 2023

Original article

PARAMETERS OF COMPENSATION OF SOIL MOISTURE DEFICIENCY WHEN PLANTING *PINUS SYLVESTRIS* L. SEEDLINGS WITH A CLOSED ROOT SYSTEM ON THE BURNS OF RIBBON HOGS

Bekhovich Yury Vladimirovich, candidate of agricultural sciences, associate professor

SPIN-код: 1634-4148, AuthorID: 125837; Phys_asau@rambler.ru

Bekhovich Larisa Alexandrovna , candidate of physical-mathematical sciences, associate professor

SPIN-код: 3440-6831, AuthorID: 702589; dekan.fpo208@yandex.ru

Altai State Agrarian University; 656049, Region Altai, Barnaul, Krasnoarmeysky prospect, 98, Russia

Annotation. The research goal was to determine the soil moisture deficiency and the normalizing parameters of moisture compensation for planting seedlings of the *pinus sylvestris* culture with a closed root system on burning in a dry-steppe climatic zone. The research was carried out in the southern part of the Barnaul ribbon of ribbon pine forests of the Altai region. Common, productive and hard-to-reach moisture reserves in the soil were determined. The observations were carried out at different times

and on different elements of the mesorelief. Studies have shown that the moisture parameters of a twenty-centimeter soil layer over the entire measurement period reach critically small values on all the mesorelief elements considered. The maximum natural moisture content was observed in the lowland during July observations. The lowest natural moisture reserve was recorded in September on the southern slope. The maximum moisture deficit was about 16 mm for a twenty-centimeter layer of the studied soil and 50 mm for a meter layer and was determined by the observation period, as well as the exposure of the mesorelief. With artificial reforestation of *Pinus sylvestris* L. in the area of research by seedlings with a closed root system, the moisture compensation parameters are at least 70-150 t/ha for a soil layer of 0-0.2 m and 170-490 t/ha for a layer of 0-1.0 m. The calculated parameters of water deficiency and moisture compensation in soil layers can be useful when planning reforestation works.

Keywords: sod-podzol soils, dry steppe zone, soil moisture, soil water capacity, productive reserves of the moisture, stock of a hard-to-reach moisture, moisture deficiency, irrigation rate

Format of citation: Bekhoviyh Yu.V., Bekhoviyh L.A. Parameters of compensation of soil moisture deficiency when planting *Pinus sylvestris* L. seedlings with a closed root system on the burns of ribbon hogs // *Prirodoobustrojstvo*. 2023. No. 1. S. 122-128. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-122-128.

Введение. Сосновые ленточные леса Алтайского края, первоначально сформировавшиеся в условиях влажного и прохладного климата, в настоящее время являются реликтовыми, так как располагаются в пределах степной и лесостепной зон Евразийского континента [1]. Южная часть самой протяженной (около 550 км) Барнаульской ленты ленточных лесов, называемых ленточными борами, располагается в лесостепной климатической зоне [2]. Древесная порода *Pinus sylvestris* L. – сосна обыкновенная [3], которая составляет основную долю от количества произрастающих в ленточных борах деревьев [4], – вынуждена приспосабливаться на юге ленточных боров к сухому резко-континентальному климату и лимитированным условиям увлажнения (200-300 мм годовых осадков) [5]. Существование соснового леса в условиях степного климата является одним из примеров уникальных экосистем, где основная лесобразующая порода находится на крайней границе естественного распространения [6]. Это стало возможным благодаря сформировавшемуся здесь уникальному подвиду сосны, получившему название *Pinus sylvestris* ssp. *kulundensis* L. – сосна обыкновенная кулундинская [7] и являющемуся эволюционным гибридом *Pinus sylvestris* L. Сеянцы и саженцы данного подвиды сосны имеют более высокую приживаемость даже в неблагоприятные годы, в то время как привезенные из питомников, расположенных в более северных регионах, часто погибают при посадке в лесхозах юго-западной части ленточных боров Алтайского края [8].

Pinus sylvestris L., а особенно ее кулундинский подвид, достаточно удовлетворительно восстанавливается естественным путем после лесных пожаров. Этому способствует неприхотливость сосны к условиям произрастания: ее светолюбивость, высокая всхожесть

и жизнеспособность семян [9]. Однако процесс естественного восстановления *Pinus sylvestris* L. на крупноплощадных гарях юго-западной части ленточных боров Алтайского края, расположенных в климатических зонах сухой и засушливой степей, является весьма затруднительным [6].

Напряженные, порой критические климатические и почвенно-климатические условия, а также уничтожение огнем семенного материала делают весьма проблематичным процесс естественного воспроизводства леса после пирогенного воздействия в этом районе. Ситуацию усугубляет и тенденция глобального потепления климата, в результате которого количество выпадающих осадков в сухих и засушливых регионах уменьшается, а температура воздуха и почвы увеличивается [5, 10].

Названные причины в комплексе делают проблематичным существование сосновых лесов без искусственного лесовосстановления на территориях, принадлежащих климатическим зонам сухой и засушливой степей [6]. Однако 14-20 мм выпадающих месячных осадков в апреле и мае [4], когда производится высадка сеянцев сосны в грунт, явно недостаточны для их успешной приживаемости. Это относится даже к неприхотливой *Pinus sylvestris* ssp. *kulundensis* [8]. В таких условиях приоритетное значение при высадке сеянцев сосны приобретают компенсация дефицита влаги в почве и мелиоративные мероприятия, направленные на сохранение запасов почвенной влаги.

Материалы и методы исследований. Проведение опытов и отбор почвенных образцов осуществлялись на пирогенно трансформированных землях лесного фонда Тополинского лесхоза Алтайского края, где на территории лесного квартала № 42 были заложены опытные участки и участки для осуществления контрольных

измерений. Район расположения опытных участков относился к сухостепной климатической зоне. Пирогенное воздействие на лесные экосистемы в районе исследований характеризовалось полным уничтожением травянисто-кустарниковой и почти полным уничтожением древесной растительности, а также выгоранием слоя лесной подстилки и лесного опада.

Объектом изучения являлась аazonальная почва дерново-подзолистого типа, характерная для всего ареала распространения ленточных боров.

Исследования проводились весной, летом и осенью. Весенние измерения проводились в конце апреля, летние – в конце июля, осенние – в середине сентября. Первые измерения были проведены через 7 мес. после пожара – весной.

Локализация опытных участков включала в себя дифференциацию по элементам мезорельефа. Опыты проводились на наиболее контрастных с точки зрения гидротермических режимов склонах северной и южной экспозиций, а также на вершине и в низине увала.

Для определения водных и физических свойств почв были использованы методики [11], общепринятые в почвенных исследованиях. Влажность почвенных образцов определялась весовым методом [11]. Дефицит влаги в почвенных слоях и нормы параметров влагокомпенсации рассчитывались с учетом полной полевой (ППВ) влагоемкости [12].

Цель исследований: определение почвенного влагодефицита и нормирующих параметров влагокомпенсации при высадке сеянцев *Pinus sylvestris* L. с закрытой корневой системой на гари в условиях сухостепной климатической зоны.

Достижение поставленной цели потребовало рассмотрения и решения следующих задач:

– в период активного роста сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) изучить увлажнение дерново-подзолистой почвы на различных элементах мезорельефа гари соснового бора для определения общих (ОЗВ), продуктивных (ПЗВ) и труднодоступных (ЗТВ) запасов влаги почвы;

– определить дефицит содержания влаги в почвенных слоях сухостепной зоны Алтайского края на гари;

– рассчитать нормы влагокомпенсации при проведении искусственного лесовосстановления сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с закрытой корневой системой на гари в сухостепной зоне Алтайского края.

Результаты и их обсуждение. По морфологическим признакам в профиле исследованных почв были представлены следующие горизонты: дерновый Ад – слой сгоревшей лесной подстилки, состоящий из ее зольных остатков; аллювиальные горизонты А₁ и А₂, различающиеся глубиной залегания и окраской ввиду различного содержания гумуса; ярко выраженный белесым оттенком иллювиальный горизонт В; переходный горизонт ВС или сразу без переходного, в зависимости от экспозиции мезорельефа, горизонт материнской породы С, представленный песчаными остатками пойменных отложений древней речной сети.

Характерной особенностью гранулометрического состава почвенных слоев на экспериментальных площадках являлось доминирование крупнопесчаных и среднеспесчаных фракций, содержание которых в некоторых слоях достигало 80-90% от общего состава всех присутствующих фракций. От 10 до 20% гранулометрического состава приходилось на фракцию мелкого песка при почти полном отсутствии глинистой и илистой фракций. Исследованные почвы по количеству гумуса являются бедными. В гумусовых горизонтах его содержание не превышало 2% от общего количества органического вещества.

Профиль почв на опытных участках отличался достаточно высокими значениями плотности сложения (табл. 1). Так, в верхнем, наименее уплотненном гумусовом горизонте, на гари плотность изменялась в границах 1,10-1,40 г/см³ в зависимости от элемента мезорельефа. В наиболее уплотненном иллювиальном горизонте значения плотности превышали 1,60 г/см³.

Таблица 1. Плотность сложения слоев почвы участка проведения исследований на разных элементах мезорельефа, г/см³

Table 1. Density of soil layers composition of the site of research on different elements of the mesorelief, g/cm³

Глубина, м Depth, m	Южная экспозиция склона Southern exposition of the slope	Вершина увала Top of the ridge	Низина увала Bottom of the ridge	Северная экспозиция склона Northern exposition of the slope
0,0-0,1	1,30±0,04	1,43±0,04	1,20±0,03	1,12±0,03
0,1-0,2	1,44±0,04	1,48±0,04	1,50±0,04	1,43±0,04
0,2-0,3	1,44±0,04	1,60±0,05	1,62±0,05	1,43±0,04
0,5-0,6	1,58±0,05	1,65±0,05	1,65±0,05	1,56±0,04
0,9-1,0	1,56±0,05	1,59±0,04	1,59±0,04	1,56±0,04

Сочетание факторов доминирования крупнопесчаных и среднеспесчаных фракций с особенностями плотности сложения и незначительным содержанием гумуса, а также предполагаемый эффект постпирогенного вымывания мелких фракций почвенных частиц [6] в комплексе определили низкие показатели почвенно-гидрологических констант дерново-подзолистой почвы на участках проведения исследований: полной влагоемкости (ПВ), полной полевой влагоемкости (ППВ), влажности завядания (ВЗ) (табл. 2).

Высадка сеянцев *Pinus sylvestris* L. с закрытой корневой системой происходит в дно специально подготовленных борозд, на 4-6 см превышающих по глубине длину корней сеянцев (6,3±0,3 см) [13]. Поэтому для успешного искусственного лесовосстановления сеянцами с закрытой корневой системой приоритетна влагообеспеченность верхнего слоя, который с запасом не превышает 20 см.

На рисунке 1 представлены запасы влаги корнеобитаемого слоя почвы 0-20 см на разных элементах мезорельефа участка исследований. В форме диаграмм влагосодержания отражены продуктивные и труднодоступные запасы влаги. Продуктивные влагозапасы отражают общее количество влаги в почвенном слое (мм), которая может быть доступна для всасывания корневой системой растений. Труднодоступный влагозапас, или запас труднодоступной влаги, рассчитывается по влажности завядания для данного типа почв и характеризует влагозапас, который присутствует в почвенном слое, но не может быть использован растениями по причине действия водоудерживающих сил. Общие запасы влаги почвы, составляющие сумму продуктивных и труднодоступных запасов, используются для определения дефицита почвенной влаги и расчета соответствующих этому дефициту норм влагокомпенсации.

Анализируя данные представленных диаграмм влагозапасов в 20-сантиметровом слое почвы в различные сроки наблюдений, можно отметить, что общее влагосодержание данного слоя не превышало 9 мм, а запасы продуктивной влаги – 4 мм (рис. 1). Невысокие значения влагозапаса являются характерной особенностью всех песчаных почв, в том числе дерново-подзолистых почв ленточных сосновых боров Алтайского края [14], а особенности гранулометрического состава почв района исследований в наибольшей степени способствовали уменьшению действия капиллярных сил, задерживающих влагу. К тому же в пирогенно-трансформированных почвах действует целый ряд специфических причин, которые в совокупности приводят к уменьшению влагозапасов. Во-первых, при пожаре выгорает влагосберегающий слой лесной подстилки. Во-вторых, ввиду выгорания древесной и кустарниково-травяной растительности почва подвержена прямому воздействию солнечной радиации, и как следствие – более интенсивному нагреванию и испарению влаги. Невысокое

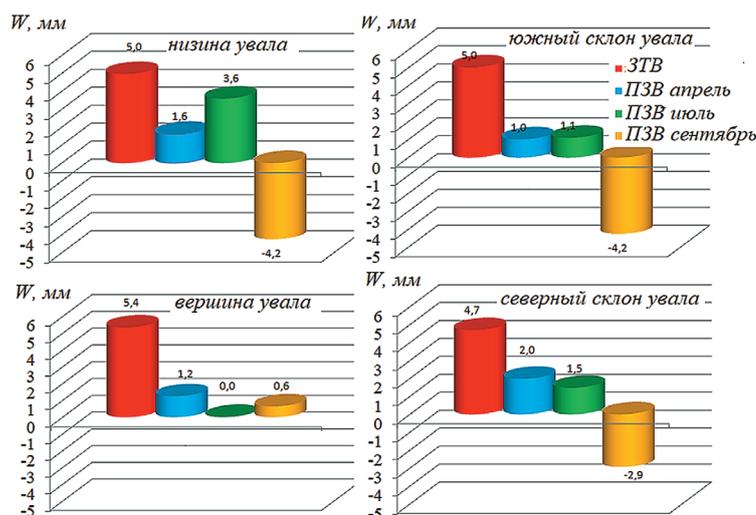


Рис. 1. Продуктивные (ПЗВ) и труднодоступные (ЗТВ) влагозапасы дерново-подзолистой почвы в 20-сантиметровом слое на участке исследований, W, мм

Fig. 1. Productive (PZV) and hard-to-reach (ZTV) moisture reserves of sod-podzolic soil in a twenty-centimeter layer at the research site (W, mm)

Таблица 2. Плотность и почвенно-гидрологические константы почвы участка проведения исследований (вершина увала)

Table 2. Density and soil-hydrological constants of the soil of the research site (top of the ridge)

Горизонт Horizon	Глубина, м Depth, m	Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³	ПВ, % PV, %	ППВ, % PPV, %	ВЗ, % VZ, %
A ₁	0,0-0,1	1,43±0,04	34,53±0,69	5,83±0,12	1,16±0,03
A ₂	0,3-0,4	1,60±0,05	23,24±0,45	5,02±0,09	1,11±0,02
B	0,5-0,6	1,65±0,05	24,31±0,49	4,37±0,08	0,86±0,01
C	0,9-1,0	1,59±0,04	29,63±0,58	4,50±0,09	0,86±0,01

альbedo сгоревших останков на поверхности почвы также способствовало увеличению температуры ее поверхности и интенсификации теплообмена в более глубоких слоях [15], что в свою очередь стимулировало интенсификацию массообмена с воздухом через испарение влаги.

Совокупное действие всех вышеуказанных причин привело к тому, что уже во время весенних наблюдений влагозапасы 20-сантиметрового слоя почвы, доступные для всасывания растениями, имели максимальное значение 2 мм при запасах труднодоступной влаги около 5 мм. Северный склон экспозиции мезорельефа и низина увала во время наблюдений в конце апреля накопили максимальные влагозапасы в сравнении с другими рассмотренными вариантами (рис. 1).

Влагопотери и влагопоступление во время июльских наблюдений в верхнем слое почвы обуславливали высокую температуру воздуха и почвы, а также выпадающие осадки.

Следует отметить, что качественные особенности распределения почвенной влаги в зависимости от элементов рельефа в середине лета были такими же, как и весной (рис. 1). Наблюдалась тенденция увеличения влагосодержания низинных участков почвы на гари. Эту тенденцию, которая отмечена и в более ранних исследованиях [6, 16], можно считать характерной особенностью распределения почвенной влаги в постпирогенных лесных почвах.

Во время осенних измерений влагосодержания 20-сантиметрового слоя почвы, которые были проведены в начале сентября, было выявлено, что продуктивные запасы влаги в этом слое оказались меньше труднодоступных (рис. 1). Это говорит о том, что иссушение данного слоя почвы достигло такой степени, что его весовая влажность не превышала влажности завядания растений. Этот факт еще раз свидетельствует о крайне затруднительных условиях влагообеспечения корневой системы растений, в том числе сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой.

При определении содержания влаги в слое почвы 0-100 см не были зафиксированы столь критические условия влагосодержания, как в слое 0-20 см. В метровом слое почвы суммарный влагозапас продуктивной влаги во все сроки наблюдений и на всех экспозициях

мезорельефа был выше запасов труднодоступной влаги (рис. 2). Однако следует отметить, что абсолютные значения продуктивного влагосодержания метрового слоя были невелики и в максимальном экстремуме не превышали 65 мм. Минимальный экстремум содержания продуктивной влаги в метровом слое не превышал 10 мм и был зафиксирован при осенних наблюдениях на южном склоне (рис. 2).

Характерная качественная особенность распределения влаги в зависимости от варианта мезорельефа прослеживалась в метровом слое почвы на гари так же, как и в слое 0-20 см. Низинные участки мезорельефа содержали наибольшее количество влаги, а вершины, и особенно южные склоны, ввиду более сильной инсоляции отличались наименьшим влагосодержанием почвенной толщи.

Подводя итоги исследований, можно отметить, что на всех рассмотренных вариантах участка наблюдений водный режим метрового слоя почвы за весь период измерений был напряженным, достигая критически малых значений в наиболее подверженных иссушению почвенных профилях вершин увалов и южных склонов.

С учетом особенностей высадки сеянцев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. с закрытой корневой системой [13] и изученного характера влагосодержания почвенного профиля гари в районе проведения исследований, дифференциации по элементам мезорельефа были определены параметры влагодефицита и влагокомпенсации в слоях 0-20 см и 0-100 см (табл. 3).

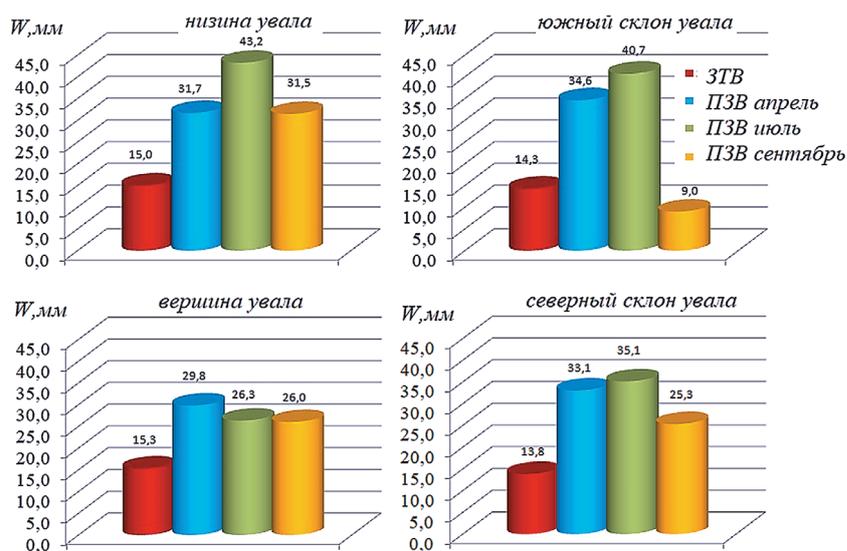


Рис. 2. Продуктивные (ПЗВ) и труднодоступные (ЗТВ) влагозапасы дерново-подзолистой почвы в метровом слое на участке исследований, W , мм

Fig. 2. Productive (PZV) and hard-to-reach (ZTV) moisture reserves of sod-podzolic soil in a meter layer at the research site (W , mm)

Таблица 3. Дефицит влаги и параметры влагокомпенсации в почвенных слоях при высадке сеянцев *Pinus sylvestris* L. с закрытой корневой системой
Table 3. Moisture deficiency and moisture compensation parameters in soil layers when planting seedlings *Pinus sylvestris* L. with a closed root system

Слой почвы, м <i>Soil layer, m</i>	Сроки наблюдений <i>Time of observations</i>	Общие запасы влаги в почве, мм <i>Total moisture reserves in the soil, mm</i>	Дефицит, мм <i>Deficiency, mm</i>	Параметры влагокомпенсации, т/га <i>Parameters of moisture compensation</i>
0-0,2	Низина увала / Bottom of the ridge			
	Апрель / April (26.04)	6,6±0,2	9,2±0,3	92,0±2,8
	Июль / July (26.07)	8,6±0,3	7,2±0,2	72,0±2,1
	Сентябрь / September (16.09)	5,4±0,2	10,4±0,3	104,0±3,1
	Вершина увала / Top of the ridge			
	Апрель / April (26.04)	6,6±0,2	10,4±0,3	104,0±3,1
	Июль / July (26.07)	5,4±0,2	11,6±0,3	116,0±0,3
	Сентябрь / September (16.09)	6,0±0,2	11,0±0,3	110,0±0,3
	Южная экспозиция склона / Southern exposition of the slope			
	Апрель / April (26.04)	6,1±0,2	9,9±0,3	99,0±3,0
	Июль / July (26.07)	6,1±0,2	9,8±0,3	98,0±3,0
	Сентябрь / September (16.09)	0,8±0,1	15,2±0,4	152,0±4,6
	Северная экспозиция склона / Northern exposition of the slope			
	Апрель / April (26.04)	6,7±0,2	8,2±0,2	82,0±2,5
	Июль / July (26.07)	6,2±0,2	8,7±0,3	87,0±2,6
Сентябрь / September (16.09)	1,8±0,1	13,1±0,4	131,0±4,0	
0-1,0	Низина увала / Bottom of the ridge			
	Апрель / April (26.04)	46,7±1,4	29,5±0,9	295,0±8,8
	Июль / July (26.07)	58,2±1,7	18,0±0,4	180,0±5,4
	Сентябрь / September (16.09)	46,4±1,4	29,7±0,9	297,0±8,9
	Вершина увала / Top of the ridge			
	Апрель / April (26.04)	45,1±1,3	32,0±1,0	320,0±9,6
	Июль / July (26.07)	41,6±1,2	35,5±1,1	355,0±10,6
	Сентябрь / September (16.09)	41,3±1,1	35,8±1,1	358,0±10,7
	Южная экспозиция склона / Southern exposition of the slope			
	Апрель / April (26.04)	48,9±1,3	23,3±0,7	233,0±7,0
	Июль / July (26.07)	55,0±1,6	17,2±0,5	172,0±5,1
	Сентябрь / September (16.09)	23,3±0,7	48,9±1,4	489,0±14,6
	Северная экспозиция склона / Northern exposition of the slope			
	Апрель / April (26.04)	46,9±1,4	23,6±0,7	236,0±7,1
	Июль / July (26.07)	49,0±1,5	21,5±0,6	215,0±6,4

Выводы

1. Параметры увлажнения 20-сантиметрового слоя почвы за весь период проведенных измерений достигают критически малых значений на всех рассмотренных элементах мезорельефа и являются недостаточными для искусственного лесовосстановления *Pinus sylvestris* L. сеянцами с закрытой корневой системой.

2. Максимальное естественное содержание влаги было отмечено в низине увала во время июльских наблюдений.

3. Наименьший естественный влагозапас был зарегистрирован в сентябре на южном склоне увала.

4. Максимальный дефицит влаги составлял значения около 16 мм для 20-сантиметрового

слоя исследованной почвы, 50 мм для метрового слоя и в значительной мере определялся сроком наблюдений, а также экспозицией мезорельефа.

5. На гарях ленточных боров Алтайского края, географически располагающихся в климатической зоне сухих степей, при проведении искусственного восстановления *Pinus sylvestris* L. сеянцами с закрытой корневой системой нормы влагокомпенсации составляют 70-150 т/га для 20-сантиметрового слоя и 170-490 т/га для метрового слоя в зависимости от элемента мезорельефа и месяца.

6. Полученные данные могут быть полезными при планировании лесовосстановительных работ на гарях в схожих климатических и почвенных условиях.

Список использованных источников

1. Природные предпосылки изменения растительного покрова ленточных боров на территории Алтайского края // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Науки о земле». Саратов, 2020. Т. 20, № 1. С. 4-9.

References

1. Prirodnye predposylki izmeneniya rastitelnogo pokrova lentochnyh borov na territorii Altajskogo kraja // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: nauki o zemle. Saratov, 2020. T. 20. № 1. S. 4-9.

2. Бугаев В.А., Косарев Н.Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул, 1988. 312 с.

3. Лаур Н.В., Царев А.П. Происхождение, распространение, систематика и некоторые подходы при селекции *Pinus sylvestris* L. // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2012. № 2. С. 8-13.

4. Парамонов Е.Г., Рыбкина И.Д. Ленточные боры Алтая в период потепления климата // Устойчивое лесопользование. 2017. № 3 (51). С. 33-39.

5. Агроклиматический справочник по Алтайскому краю. Л.: Гидрометиздат, 1957. 167 с.

6. Заблочкий В.И. Динамика экологических условий на гаях в сосновых лесах юго-востока западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. 30 с.

7. Стрелковский А.Н., Куприянов А.Н. Характеристика *Pinus sylvestris* subsp. *kulundensis* // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: материалы II Международной конференции. Барнаул, 2002. С. 126-128.

8. Стрелковский А.Н. Экологические и морфологические особенности сосны обыкновенной на юге Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2005. 19 с.

9. Ярошенко А.Ю. Как вырастить лес: методическое пособие. М.: Гринпис России, Сибирский экологический центр, Всемирная лесная вахта, 2006. 48 с.

10. Клиге Р.К. Глобальные гидроклиматические изменения // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М.: Геос, 2000. С. 6-23.

11. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

12. Ольгаренко Г.В. и др. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур / Под общ. ред. Г.В. Ольгаренко (ФГБНУ ВНИИ «Радуга»): Инстр.-метод. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 172 с.

13. Гоф А.А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая: автореф. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2020. 18 с.

14. Бурлакова Л.М., Рассыпнов В.А., Татаринцев Л.М. Полевые исследования почв Алтайского края. Новосибирск, 1984. 91 с.

15. Макарычев С.В., Беховых Ю.В., Беховых Л.А. Почвенно-физические условия лесовосстановления в горельниках юго-западной части ленточных боров Алтайского края // Восстановление нарушенных ландшафтов: материалы IV научно-практической конференции. Барнаул, 2004. С. 59-65.

16. Беховых Ю.В., Болотов А.Г. Сравнительный анализ продуктивных запасов влаги дерново-подзолистых почв ленточных боров Алтайского края в зонах засушливой и сухой степи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 2 (88). С. 42-46.

Критерии авторства

Беховых Ю.В., Беховых Л.А. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Статья поступила в редакцию 15.12.2022

Одобрена после рецензирования 21.01.2023

Принята к публикации 23.01.2023

2. Bugaev V.A., Kosarev N.G. Lesnoe hozyajstvo lentochnyh borov Altajskogo kraja. Barnaul: 1988. 312 s.

3. Laur N.V., Czarev A.P. Proishozhdenie, rasprostranenie, sistematika i nekotorye podhody pri seleksii *Pinus sylvestris* L. // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoj vestnik. 2012. № 2. S. 8-13.

4. Paramonov E.G., Rybkina I.D. Lentochnye bory Altaya v period potepleniya klimata // Ustojchivoe lesopolzovanie. 2017. № 3(51). S. 33-39.

5. Agroklimaticheskij spravocnik po Altajskomu kraju. L.: Gidrometizdat, 1957. 167 s.

6. Zablotskij V.I. Dinamika ekologicheskikh uslovij na garyah v osnovnyh lesah yugo-vostoka zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... dokt. s-h. nauk. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2006. 30 s.

7. Strelkovskij A.N., Kupriyanov A.N. Harakteristika *Pinus sylvestris* subsp. *kulundensis* // Antropogennoe vozdejstvie na lesnye ekosistemy: materialy II Mezhdunar. konf. Barnaul: 2002. S. 126-128.

8. Strelkovskij A.N. Ekologicheskie i morfologicheskie osobennosti sosny obyknovnoy na yuge Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk: 2005. 19 s.

9. Yaroshenko A.Yu. Kak vyrastit les: metodicheskoe posobie. – M.: Grinpis Rossii, Sibirskij ekologicheskij tsentr, Vsemirnaya lesnaya vahta, 2006. 48 s.

10. Klige R.K. Globalnye gidroklimaticheskie izmeneniya // Globalnye i regionalnye izmeneniya klimata i ih prirodnye i sotsialno-ekonomicheskie posledstviya. M.: Geos, 2000. S. 6-23.

11. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv. M.: Agropromizdat, 1986. 416 s

12. Olgarenko G.V. Planirovanie vodopolzovaniya pri oroshenii sel'skohozyajstvennyh kultur / G.V. Olgarenko i dr.; Pod obshhej redaktsiej G.V. Olgarenko (FGBNU VNII «Raduga»): instr. – metod, izd. M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2014. 172 s.

13. Gof A.A. Effektivnost sozdaniya lesnyh kultur sosny obyknovnoy seyantsami s zakrytoj kornevoj sistemoj v lentochnyh borah Altaya: avtoref. kand. s-h. nauk / A.A. Gof. Ekaterinburg: 2020. 18 s.

14. Burlakova L.M., Rassypnov V.A., Tatarintsev L.M. Polevyeissledovaniya pochv Altajskogo kraja. Novosibirsk: Alt. SHI, 1984. 91 s.

15. Makarychev S.V., Bekhovych Yu.V., Bekhovych L.A. Pochvenno-fizicheskie usloviya lesovosstanovleniya v gorelnikah yugo-zapadnoj chasti lentochnyh borov Altajskogo kraja // Vosstanovlenie narushennyh landshaf-tov: materialy IV nauchno-prakticheskoy konferentsii. Barnaul, 2004. S. 59-65.

16. Bekhovych Yu.V., Bolotov A.G. Sravnitelnyj analiz produktivnyh zapasov vlagi dernovo-podzolistyh pochv lentochnyh borov Altajskogo kraja v zonah zasushlivoj i suhoj stepi // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 2(88). S. 42-46.

Criteria of authorship

Bekhovych Yu.V., Bekhovych L.A. Bekhovych carried out practical and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Contributions of the authors

All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication.

The article was submitted to the editorial office 15.12.2022

Approved after reviewing 21.01.2023

Accepted for publication 23.01.2023