

Оригинальная статья


DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.2/2>


УДК 630.114.30



Сохранность и особенности роста лесных культур на мело-мергельных техногенных почвах Курской области

Татьяна П. Деденко ✉, dedenkotp@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-5914-1225>

Елена Н. Тихонова, tichonova-9@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-9039-9822>

Татьяна А. Малинина, malinina15@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0002-5967-3336>

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

В Курской области на мело-мергельных отвалах Щигровского фосфоритного рудника апробирован один из агротехнических приемов по проведению горнотехнического этапа подготовки поверхности отвала для лесной рекультивации, который заключается в выравнивании его поверхности и нанесении потенциально более плодородного мелиоративного слоя с последующей механизированной обработкой. Целенаправленно сформированы три варианта искусственных грунтосмесей на основе песка, суглинка, гумуса и созданы культуры *Betula pendula* Roth и *Robinia pseudoacacia* L. Для каждого варианта слоя грунтосмеси в сравнении с контрольным вариантом (мело-мергельный грунт без нанесения мелиоративного слоя) изучали динамику показателей сохранности, среднего прироста, бонитета, запаса, напряжения роста $H/G_{1,3}$ ratio в диапазоне 5-30 лет. Сохранность культур робинии псевдоакация (*R. pseudoacacia*) в возрасте 30 лет в контрольном варианте составляет 36 % ($p < 0,05$), с нанесением почвоулучшающего слоя сохранность достигает 70 % ($p < 0,05$). Сохранность березы повислой (*B. pendula*) на мело-мергеле без улучшения лесорастительных условий составляет 24 % ($p < 0,05$), с нанесением мелиоративного слоя практически во всех трех вариантах – 43-45 %. *B. pendula* и *R. pseudoacacia* в насаждении, созданном на мело-мергеле (контрольный вариант) показали в насаждении наименьшие показатели высоты дерева и диаметра на высоте 1,3 м, что соответствует III...IV классам бонитета. Насаждения *R. pseudoacacia* в контрольном варианте в возрасте 10 лет имеют максимальное значение показателя напряжения роста $H/G_{1,3}$ ratio – 52,3 см/см² и в возрасте 30 лет показатель составляет 8,4 см/см². Коэффициент напряжения роста *B. pendula* в контрольном варианте в возрасте 15 лет достигает 130 см/см² и к 30-летнему возрасту насаждения снижается до 21,0 см/см². В возрасте 30 лет происходит снижение показателя в вариантах: с песчаным слоем в 4,4 раза, с слоем суглинка – в 3,1, с гумусовым слоем – в 2,4 раза.

Ключевые слова: рекультивация техногенных ландшафтов, мело-мергель, мелиоративный слой, береза повислая, *Betula pendula* Roth, робиния псевдоакация, *Robinia pseudoacacia* L., сохранность лесных культур, показатель напряжения $H/G_{1,3}$ ratio

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: Деденко, Т. П. Сохранность и особенности роста лесных культур на мело-мергельных техногенных почвах Курской области / Т. П. Деденко, Е. Н. Тихонова, Т. А. Малинина // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 2 (54). – С. 20–35. – Библиогр.: с. 32–34 (24 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.2/2>.

Поступила 04.05.2024. Пересмотрена 24.05.2024. Принята 25.05.2024. Опубликована онлайн 17.06.2024

Article

Preservation and features of growth of forest crops on chalk-marl technogenic soils of the Kursk region

Tatiana P. Dedenko ✉, dedenkotp@mail.ru, 0000-0002-5914-1225

Elena N. Tikhonova, tichonova-9@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-9039-9822

Tatiana A. Malinina, malinina15@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-5967-3336

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

In the Kursk region, one of the agrotechnical techniques for conducting the mining stage of preparing the surface of the dump for forest reclamation, which consists in leveling its surface and applying a potentially more fertile reclamation layer with subsequent mechanized processing, has been tested on the chalk-marl dumps of the Shchigrovsky phosphorus mine. Three variants of artificial soil mixtures based on sand, loam, and humus were purposefully formed and cultures of *Betula pendula* Roth and *Robinia pseudoacacia* L. were created. For each variant of the soil mixture layer, in comparison with the control variant (fine marl soil without applying a reclamation layer), the dynamics of safety indicators, average gain, bonus, reserve, H/G_{1.3} ratio in the range of 5-30 years were studied. The safety of crops of *R. pseudoacacia* at the age of 30 years in the control variant is 36% ($p < 0.05$), with the application of a soil-improving layer, the safety reaches 70% ($p < 0.05$). The safety of the hanging birch (*B. pendula*) on chalk marl without improving forest growing conditions is 24% ($p < 0.05$), with the application of a reclamation layer in almost all three variants – 43-45%. *B. pendula* and *R. pseudoacacia* in a plantation created on chalk marl (control variant) showed the lowest tree height and diameter in the plantation at height 1.3 m, which corresponds to the IV site classes of the bonus. *R. pseudoacacia* plantings in the control variant at the age of 10 years have a maximum value of the growth stress index H/G_{1.3} ratio of 52.3 cm/cm² and at the age of 30 years the indicator is 8.4 cm/cm². The H/G_{1.3} ratio of *B. pendula* in the control variant reaches 130 cm/cm² at the age of 15 years and decreases to 21.0 cm/cm² by the age of 30 years of planting. At the age of 30, the indicator decreases in the variants: with a sandy layer by 4.4 times, with a loam layer – by 3.1, with a humus layer – by 2.4 times.

Keywords: reclamation of man-made landscapes, chalk marl, forest reclamation layer, hanging birch, *Betula pendula* Roth, *Robinia pseudoacacia*, *Robinia pseudoacacia* L., forest crop safety, growth intensity coefficient H/G_{1.3} ratio

Funding: this research received no external funding.

Acknowledgments: authors thank the reviewers for their contribution to the peer review.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Dedenko T. P., Tikhonova E. N., Malinina T. A. (2024). Preservation and features of growth of forest crops on chalk-marl technogenic soils of the Kursk region. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 14, No. 2 (54), pp. 20-35 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.2/2>.

Received 04.05.2024. *Revised* 24.05.2024. *Accepted* 25.05.2024. *Published online* 17.06.2024.

Введение

Нарушенные горнодобывающей деятельностью земли в Курской области составляют более

35 тыс. га. С образованием, начиная с 1950-х годов XX века, техногенных ландшафтов на отвалах вскрышных пород в процессе разработки карьеров

Курской магнитной аномалии (КМА) возникла необходимость восстановления лесных экосистем на обширных площадях нерекультивированных земель. Вопросам теоретических и практических исследований восстановления антропогенных ландшафтов посвящены работы таких географов и почвоведов, как Владимир Алексеевич Андроханов (2023) [1], Федор Николаевич Мильков (2018) [6], Владимир Борисович Михно (2020) [7] и другие ученые.

Е.А. Кушнир и др. (2021) [4], В.И. Уфимцев (2017) [10], R. Pazur и др. (2020) [11], S. Macdonald и др. (2015) [19] отмечают снижение качества почв вследствие дегумификации, ухудшения агрофизических свойств, разрушения почвенной структуры и загрязнения в результате усиленной техногенной нагрузки функционирующих крупных горнодобывающих предприятий. Т.П. Деденко (2019) [3] определено, что в структуре надрудной вскрыши, в местах открытой добычи руды КМА, наряду с песчаными отложениями и суглинками, до 70 % представлено мело-мергельными и меловыми горными породами.

В результате складирования громадного количества мело-мергельных вскрышных пород образуются генетически неоднородные ландшафтные комплексы (АМЛК), характеризующиеся своеобразными условиями микроклимата. Основа АМЛК – мело-мергельные породы – являются, по мнению Е.А. Гурковой и др. (2020) [2], Т.А. Малининой и др. (2022) [5], малопригодными для биологического освоения. В сухом состоянии они пылят, подвергаются процессам ветровой и водной эрозии и служат причиной изменения и загрязнения окружающей среды. Наряду с этим на формирование АМЛК оказывают влияние зональные климатические условия и ландшафтно-типологические особенности территории. Е.А. Кушнир и др. (2021) [4], Ф.Н. Мильков (2018) [6] не исключают возможности того, что физико-химические свойства мелового субстрата способствуют созданию неблагоприятных условий для роста растений. R. Pazur и др. (2020) [11], S. Bruno и др. (2019) [12], К. McMahen в своих исследованиях указывают, что растения чувствительны к текстурным особенностям, гранулометрическому и агрохимическому составу меловых горных пород.

В достижении высоких показателей успешного облесения АМЛК, как показали собственные исследования [3], работы В.А. Андроханова и др. (2023) [1], Э.И. Трещевской и др. (2019) [23], В. Doddabasawa и др. (2018) [14], E. Nurtjahya и др. (2019) [21], P.Z.F. Santos и др. (2019) [22], ведущую роль играет объективная оценка агрофизических и агрохимических свойств материнской горной породы и субстратов для её мелиорации, а также подбор лесных культур (деревьев, кустарников), устойчиво произрастающих на данном субстрате, наблюдения за особенностями процесса онтогенеза на техногенных почвах.

Для решения проблемы сокращения негативного влияния карьерно-отвалных ландшафтов на окружающую среду рекомендуют различные агротехнические приемы [3,5,13]. Один из них заключается в особом проведении горнотехнического этапа подготовки поверхности отвала, а именно выравнивании его поверхности и нанесение потенциально более плодородного мелиоративного слоя с последующей механизированной обработкой. Таким образом, целенаправленно формируют искусственные грунты, представленные аккумулятивными слабо развитыми почвами на рыхлых техногенных грунтах [3]. Изучением вопросов формирования, классификации и свойств техноземов и эмбриоземов посвящены работы Андроханова В.А., Етеревской Л.В., Гаджиева И.М., Курачева В.М., Герасимовой М.И. и др. Однако, до настоящего времени в России и в мире, вопросы по предотвращению неблагоприятного воздействия складированных вскрышных горных пород в отвалы остаются сравнительно малоизученными.

Цель исследований – оценка сохранности и особенностей роста культур на мело-мергельных техногенных почвах Курской области с определением биометрических показателей (включая коэффициент напряженности роста $H/G_{1.3}$ ratio) класса бонитета, запаса и возрастной динамики за 30-летний период наблюдений.

Материалы и методы

Объект и предмет исследования

Объект исследования – отвалы бывшего Щигровского фосфоритного рудника в Курской области РФ. Географические координаты – 51.86771 с.ш. 37.11345 в.д.

Предмет исследований – экспериментальные лесные культуры *Betula pendula* Roth и *Robinia pseudoacacia* L., заложенные на АМЛК в 1974 году механизированной посадкой по схеме 2,5 × 0,7 м в мелиоративные субстраты трех вариантов с высотой слоя 40...50 см на базе эмбриоземов мело-мергеля и в чистый слой мело-мергеля (контроль). Первый вариант мелиоративного субстрата: песчаные отложения, второй – четвертичные суглинки, третий – почва с определенным содержанием гумуса.

Сбор данных

Объем исследований обусловлен намеченными целью и задачами работы. Закладывали 8 пробных площадей и выполняли анализ 18 модельных деревьев каждого вида с использованием методики А.Д. Дударева¹ и др. (1978). Экспериментальные лесные культуры (N = 18) робинии псевдоакации и березы повислой (*B. pendula*) исследовали на предмет дифференциации роста при различных вариантах формирования мелиоративного слоя с помощью комплексного показателя (H/G_{1,3} ratio), рассчитанного в см/см² [3], а также определяли сохранность, высоту, диаметр на уровне 1,3 м и класс бонитета насаждения. Сохранность деревьев определяли через соотношение числа высаженных саженцев к числу сохранившихся на пробной площади деревьев на момент наблюдения. Определение запасов насаждений, прирост по годам проводили способом средней расчетной модели (из общего числа деревьев отбирали среднюю расчетную модель в количестве 2 шт.).

Анализ данных

ANOVA-анализ экспериментальных данных производили методами вариационной статистики с помощью пакета прикладных программ для моделирования роста Microsoft Excel 2016 и Statsoft

Statistica, версия 10, с установлением «средних величин, ошибок точности и достоверности опыта» [3].

Результаты

Сохранность культур робинии псевдоакации (*R. pseudoacacia*) в возрасте 5-30 лет представлена на рисунке 1. Интенсивное снижение сохранности культур робинии псевдоакации (*R. pseudoacacia*) в контрольном варианте выявлено в возрасте 25 лет и составляет 52 %. В 30-летнем возрасте сохранность культур продолжает снижаться, и достигает 36 %. В вариантах с применением мелиоративных слоев сохранность робинии псевдоакации находится в пределах 60...70 %.

Показатель сохранности 30-летних культур *B. pendula* в контрольном варианте (мело-мергель) составляет 24 % и увеличивается до 43...45 % при использовании мелиоративного слоя всех трех вариантов .

Характеристика культур в возрасте 30 лет на техногенных почвах представлена в табл. 1.

В контрольном варианте насаждения березы повислой (*B. pendula*) и робинии псевдоакации (*R. pseudoacacia*) классифицировали 3-4 классом бонитета, модельные деревья имеют наименьшие значения диаметра (на уровне 1,3 м) 12,0±0,43 и 7,3±0,37 см при высотах 8,8 и 9,5 м соответственно. Средний прирост для *B. pendula* по запасу составляет 0,6 м³/га, для *R. pseudoacacia* – 1,6 м³/га.

При использовании первого варианта мелиоративного субстрата энергия роста культур березы (*B. pendula*) возрастает, высота культур увеличивается относительно контрольного варианта в 1,6 раза, при использовании второго и третьего вариантов – в 1,8 раза и составляет 14,1; 15,8 и 16,2 м соответственно (I-II класс бонитета). При этом в первом варианте средний прирост по запасу увеличивается до 4,9 м³/га, т.е. в 8,4 раза. В вариантах с нанесением на мело-мергельный грунт четвертичного суглинка и гумусированного слоя приводит к увеличению среднего прироста до 6,4 м³/га и 6,6 м³/га, т.е. в 11,0...11,3 раза.

¹ Дударев, А. Д. Методика и техника работ на пробных площадях / А. Д. Дударев, Н. В. Гладышев, А. Д. Лозовой. Воронеж, 1978. 80 с.



Рисунок 1. Сохранность культур робинии псевдоакации (*R. pseudoacacia*) в возрасте 5-30 лет на техногенной почве в Курской области

Figure 1. *Robinia pseudoacacia* L. safety aged from 5 years to 30 growing technogenic soil on Kursk region

Источник: собственная композиция автора.

Source: author's composition

Сохранность культур *B. pendula* Roth представлена на диаграмме (рис. 2).



Рисунок 2. Сохранность культур березы повислой (*B. pendula*) в возрасте 5-30 лет на техногенной почве в Курской области

Figure 2. *Betula pendula* Roth safety aged from 5 years to 30 growing technogenic soil on Kursk region

Источник: собственная композиция автора

Source: author's composition

Характеристика 30-летних культур на техногенных почвах

Table 1

Characteristics of crops aged 30 on the technogenic soil.

Вид Type	Средний показатель Average rate			Бонитет Bonitet	Запас, м ³ /га Space, m ³ /ha
	Н _{ср} , м Average height, m	Д _{ср} , см Average diameter, cm	Прирост средний, м ³ /га Average increase, m ³ /ha		
Контрольный вариант мелиоративного субстрата Chalk and marl soil (examine)					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	9,5	12,0±0,43	1,6	III	49,4
<i>Betula pendula</i>	88,8	7,3±0,37	0,6	IV	17
Первый вариант мелиоративного субстрата Chalk and marl soil and sand and chalk layer 40 – 50 cm					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	112,0	14,7±0,38	7,8	II	236
<i>Betula pendula</i>	114,4	12,9±0,25	4,9	I	148
Второй вариант мелиоративного субстрата Chalk and marl soil and quaternary clay loam chalk layer 40 – 50 cm					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	110,9	12,8±0,31	4,6	II	135
<i>Betula pendula</i>	115,9	14,9±0,25	6,4	I	193
Третий вариант мелиоративного субстрата Chalk and marl soil and humus soil chalk layer 40 – 50 cm					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	111,2	17,0±0,34	7,7	I	232
<i>Betula pendula</i>	116,2	18,4±0,39	6,6	I	198

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

Сохранность, биометрические показатели и возрастная динамика (5-30 лет) напряженности роста березы повислой (*B. pendula*) и робинии псевдоакация (*R. pseudoacacia*) в лесных культурах АМЛК объекта исследований представлена в табл. 2.

Из таблицы видно, что наибольшие показатели напряженности роста характерны для насаждений, произрастающих на мело-мергеле без мелиоративного слоя (контроль). Насаждения робинии псевдоакация (*R. pseudoacacia*), произрастающие на мело-мергеле без улучшения в возрасте 10 лет имеют максимальное значение напряженности роста – 52,3 см/см² и в возрасте 30 лет показатель уменьшается в 6,2 раза, что составляет 8,4 см/см². В вариантах с нанесением на мело-мергельный грунт мелиоративных слоев показатель напряженности роста в 10 летнем возрасте культур снижается незначительно, в среднем в 1,1 раза. Это является следствием биологических свойств вида как мало требовательного к почвенному плодородию. В воз-

расте 30 лет происходит снижение показателя в вариантах: с песчаным слоем – в 7,2 раза, с слоем суглинка 7,05 раза и с гумусовым слоем в 9,3 раза

Обсуждение

Существенным критерием успешности облесения техногенных почв является показатель приживаемости семян в первый год их жизни. Приживаемость во многом зависит от температурного режима вегетационного периода, количества атмосферных осадков и равномерности их выпадения по месяцам. Робиния псевдоакация (*R. pseudoacacia*) является одним из наиболее перспективных видов для лесной рекультивации вследствие засухоустойчивости и нетребовательности к почвенному плодородию.

По результатам исследования Андрущенко П.Ф. (1979), приживаемость семян робинии псевдоакация на мело-мергельном грунте в контрольном варианте без нанесения мелиоративного слоя в первый год вегетации была достаточно высокой и составляла 90 %.

Сохранность, биометрические показатели и возрастная динамика напряженности роста березы повислой (*B. pendula*) и робинии псевдоакация (*R. pseudoacacia*) в лесных культурах АМЛК объекта исследований

Table 2

Preservation, biometric indicators and age dynamics of tension of *Betula pendula* and *Robinia pseudoacacia* crops growth on the technogenic soil in the Kursk region

№ п/п	Техногенная почва Technogenic soil	Сохранность, % Preservation of trees, %	Средняя высота деревьев (H _{ср}), м Average height of trees (Average height), m	Средний диаметр деревьев на 1,3 м (D _{ср}), см Average diameter of trees by 1,3 m (Average diameter), cm	Комплексный показатель роста деревьев по Intensity of tree growth in the stand by	
					H _{ср} : D _{ср} м см ⁻¹ Average height.: Average diameter m cm ⁻¹	H _{ср} : G _{ср} см см ² Average height.: Average G cm cm ²
1. Возраст культур – 5 лет Plantation age – 5 years						
<i>Betula pendula</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эмбриозем) No treatment of chalk and marl	50,2	0,4	-	-	-
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	60,4	1,6	2,5	0,64	61,2
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	68,5	1,0	-	-	-
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	74,3	3,4	3,1	1,096	45,1
<i>Robinia pseudoacacia</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эмбриозем) No treatment of chalk and marl	90,0	0,3	-	-	-
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	85,0	1,3	0,9	-	-
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	90,0	0,9	-	-	-
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	90,0	0,5	-	-	-
2. Возраст культур – 10 лет Plantation age – 10 years						
<i>Betula pendula</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эмбриозем) No treatment of chalk and marl	45,0	0,9	-	-	-
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	58,0	5,0	4,2	1,238	51,0
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	65,0	4,0	3,8	1,052	36,8
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	68,6	6,3	6,0	1,05	24,4

Природопользование

<i>Robinia pseudoacacia</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment chalk and marl	86,4	0,5	-	-	52,3
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	84,4	4,06	3,3	1,230	51,1
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	86,7	2,7	3,6	0,75	47,3
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	88,0	1,5	2,1	0,714	48,6
3. Возраст культур – 15 лет Plantation age – 15 years						
<i>Betula pendula</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment chalk and marl	38,0	1,5	1,2	1,25	130,4
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	55,5	7,1	6,7	1,059	49,0
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	62,0	8,0	6,8	1,176	28,0
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	64,0	9,4	9,8	0,959	14,4
<i>Robinia pseudoacacia</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) Chalk and marl	81,3	1,3	2,0	0,65	41,9
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	84,0	7,5	5,1	1,470	43,5
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	84,5	5,6	4,8	1,166	38,6
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	86,7	4,1	4,3	0,953	32,8
4. Возраст культур- 20 лет Plantation age – 20 years						
<i>Betula pendula</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment of chalk and marl	33,5	5,0	5,3	0,943	22,6
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	54,4	8,9	8,8	1,011	3,7
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	53,5	11,2	9,5	1,179	5,9
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	58,5	11,7	13,9	0,841	8,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment of chalk and marl	78,3	3,9	4,8	0,812	1,5
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	83,6	9,3	8,0	1,162	8,7
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	82,4	7,6	6,8	1,118	6,3
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	85,3	6,7	7,3	0,918	6,3
5. Возраст культур - 25 лет Plantation age – 25 years						
<i>Betula pendula</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment of chalk and marl	30,0	6,8	6,3	1,079	1,8
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	48,0	11,9	11,5	1,035	2,4
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	50,0	13,6	12,3	1,105	2,1

	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	52,0	13,9	14,8	0,939	7,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment of chalk and marl	52,0	6,0	7,0	0,857	5,6
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	76,3	10,5	9,7	1,082	4,1
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	78,7	9,3	8,2	1,134	1,5
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	69,2	8,5	9,5	0,894	2,0
6. Возраст культур 30 лет Plantation age – 30 years						
<i>Betula pendula</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment of chalk and marl	24,0	8,8	7,3	1,205	1,0
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	43,0	14,4	12,9	1,116	1,2
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	43,0	15,9	14,9	1,067	9,1
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	45,0	16,2	18,4	0,880	5,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>						
	Контрольный вариант: мело-мергель (эм-бриозем) No treatment of chalk and marl	36,0	9,5	12,0	0,791	8,4
	Мело-мергель с песчаными отложениями Chalk and marl with sand deposit	70,0	12,0	14,7	0,816	7,1
	Мело-мергель с четвертичным суглинком Chalk and marl with quaternary clay loam	60,0	10,9	12,8	0,851	6,7
	Мело-мергель с гумусовым слоем почвы Chalk and marl with humus layer	66,0	11,2	17,0	0,658	5,2

Источник: собственные вычисления автора.

Source: own calculation

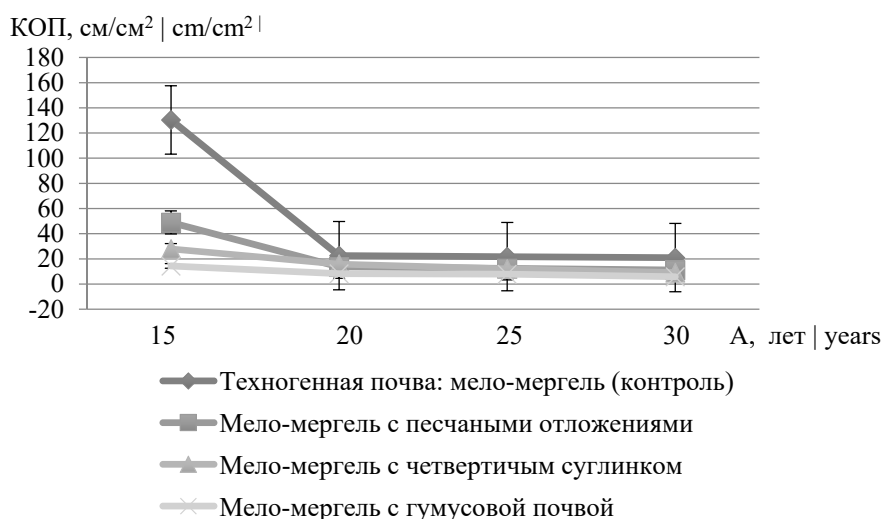


Рисунок 3. Возрастная динамика комплексного показателя роста культур березы повислой (*B. pendula*) на техногенной почве Курской области

Figure 3. Coefficient age dynamics of tension of growth of *Betula pendula* on the technogenic soil in the Kursk region

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

В культурах березы повислой (*B. pendula*) сохранность - 50,2 %. По результатам исследований Трещевской Э.И. (2012), сохранность робинии псевдоакалии (*R. pseudoacacia*) в аналогичных почвенно-грунтовых условиях при благоприятном водном и тепловом режиме может достигать 91,8...100 %.

Формирование техногенных почв путем нанесения на мело-мергельный грунт потенциально более плодородного мелиоративного слоя существенного влияния не оказали на повышение приживаемости семян робинии псевдоакалии (*R. pseudoacacia*). Однако, увеличение сохранности культур березы повислой (*B. pendula*) прослеживается в этих вариантах на 10...15 %. Это связано с улучшением водно-физических, а также агрохимических свойств техноземов, а именно, показатель реакции почвенной среды (рН) пахотного горизонта уменьшился с 8,5 до 7,4, сумма обменных катионов Ca^{++} и Mg^{++} возросла с 3,2 до 11,2 мг на 100 г грунта. Добровольский Г.В., Е.Д. Никитин (1990) отмечали, что мелиоративный слой, в отличие от зональных почв, генетически не связаны друг с другом, но обладают определенными «почвенными» экологическими функциями, такими как продукционными, сорбционными и водно-миграционными. Таким образом, на начальном этапе роста культур оптимизируются лесорастительные условия, приближаясь к экологическим и биологическим требованиям древесных видов.

Как указывал Шульга В.Д. (2000), связь между качеством лесорастительных условий и ростом культур отражается комплексным показателем - коэффициентом напряжения роста. Наши исследования показали, что коэффициент напряженности роста в насаждении березы повислой (*B. pendula*) в возрасте 15 лет в контрольном варианте составляет 130 см/см^2 , а к 30-летнему возрасту насаждения - снижается до $21,0 \text{ см/см}^2$ (рис.3). В вариантах с нанесением на мело-мергельный грунт мелиоративных слоев показатель напряженности роста культур березы повислой (*B. pendula*) в 15-летнем возрасте существенно снижается. В возрасте 30 лет происходит снижение показателя в вариантах: с песчаным слоем - в 4,4 раза, с слоем суглинка 3,1 раза и с гу-

мусовым слоем в 2,4 раза. Таким образом, прослеживается общая закономерность снижения значения данного показателя при применении мелиоративного слоя на мело-мергельном грунте, что свидетельствует о большей устойчивости культур. Высокий коэффициент напряжения роста - свидетельствует о неблагоприятном водном режиме и недостаточной биологической устойчивости насаждений.

Динамика показателя коэффициента напряжения роста насаждений березы повислой (*B. pendula*) указывает на наиболее неблагоприятные лесорастительные условия для роста в контрольном варианте. Это подтверждается ранее проведенными исследованиями о лесопригодности мело-мергельного грунта в работах Панкова Я.В. (2003).

На рис. 4, 5 и 6 представлены графики хода роста березы повислой (*B. pendula*) и робинии псевдоакалии (*R. pseudoacacia*) по высоте и диаметру, диаграмма boxplot средний диаметр березы повислой (*B. pendula*) на техногенной почве с различным мелиоративным слоем. На графиках, представляющих хода роста по пятилетним возрастным группам в зависимости от применяемого мелиоративного слоя, прослеживается определенная зависимость. Уравнения полиномов второй и третьей степени ($y = Ax^2 + Bx + c$, $y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$) используются для описания графиков, где А, В, С, D – коэффициенты аппроксимации хода роста. Теоретические линии тренда, которые были созданы с помощью программного обеспечения, совпали с экспериментальными данными, что подтверждается коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,97...0,99$.

Дисперсионный анализ показал, что применяемый мелиоративный слой оказывает существенное влияние на высоту культур березы повислой (*B. pendula*) ($\eta = 35\%$) и диаметр ($\eta = 36\%$). Критерий достоверности F показывает силу влияния фактора на рост ($F = 16,18$ при $F_{st} = 4,4$). Критерий достоверности силы влияния фактора на средний прирост по диаметру составляет $F = 23,12$ при $F_{st} = 4,4$. Корреляционная связи при $r = 0,7878$ является высокой тесной.

Для робинии псевдоакалии (*R. pseudoacacia*) проведенный анализ хода роста культур по высоте

показывает силу влияния фактора на средний прирост $\eta = 33\%$. $F = 10,39$ при $F_{st}=4.4$. Однако, прирост по диаметру не показал существенного влияния мелиоративного слоя. Это можно объяснить особенностями биологии и экологии данного вида [3].

В контрольном варианте отмечается замедленный рост древесных пород. В первые 15 лет это особенно характерно. В этом возрасте культуры не превышают 1,5 м в высоту.

В последующем энергия роста культур возрастает в 3,0...3,3 раза до 20-летнего возраста и в дальнейшем сохраняется с тенденцией небольшого уменьшения. До 25...30-летнего возраста диаметр в 1,1...1,3 раза превышает показатели высоты, тогда как в условиях нормального роста отмечается обратное явление.

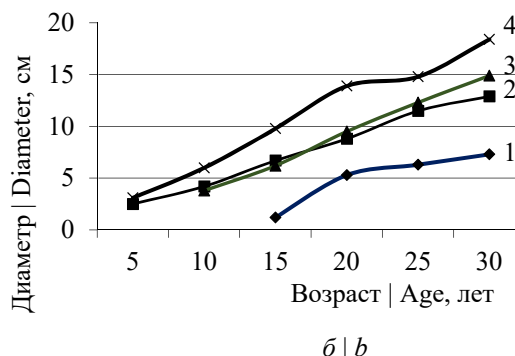
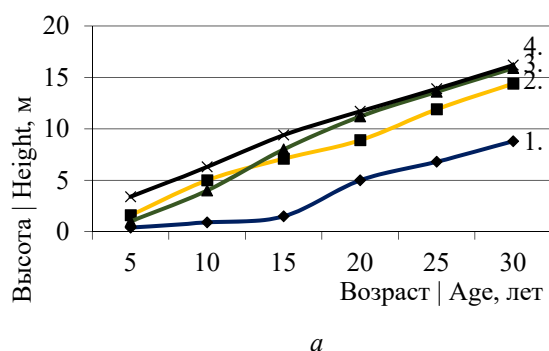


Рисунок 4. Изменение высоты (а) и диаметра на высоте 1,3 м (б) *B. pendula* в лесных культурах АМЛК объекта исследований: 1 – контрольный вариант; 2 – первый вариант мелиоративного субстрата; 3 – второй вариант мелиоративного субстрата; 4 – третий вариант мелиоративного субстрата

Figure 4. Increase in height (a) and diameter at a height of 1.3 m (b) *B. pendula* in forest crops of the AMLC of the research object: 1 – control variant; 2 – the first variant of the reclamation substrate; 3 – the second variant of the reclamation substrate; 4 - the third variant of the reclamation substrate

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

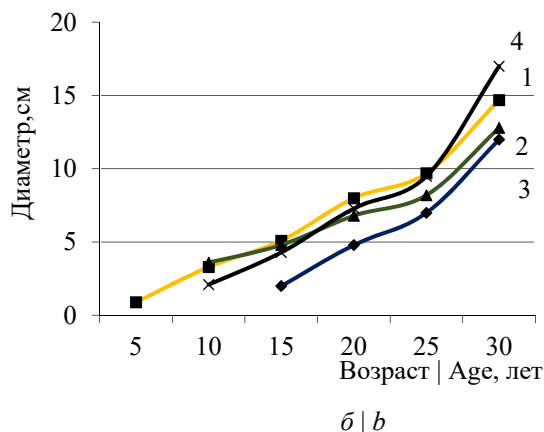
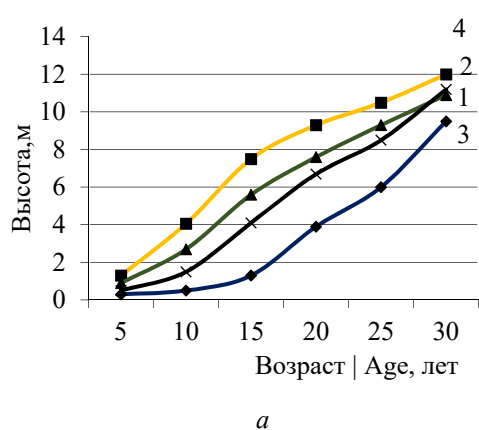


Рисунок 5. Изменение высоты (а) и диаметра на высоте 1,3 м (б) *R. pseudoacacia* в лесных культурах АМЛК объекта исследований: 1 – контрольный вариант; 2 – первый вариант мелиоративного субстрата; 3 – второй вариант мелиоративного субстрата; 4 – третий вариант мелиоративного субстрата

Figure 5. Increase in height (a) and diameter at a height of 1.3 m (b) *B. pendula* in forest crops of the AMLC of the research object: 1 – control variant; 2 – the first variant of the reclamation substrate; 3 – the second variant of the reclamation substrate; 4 - the third variant of the reclamation substrate

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

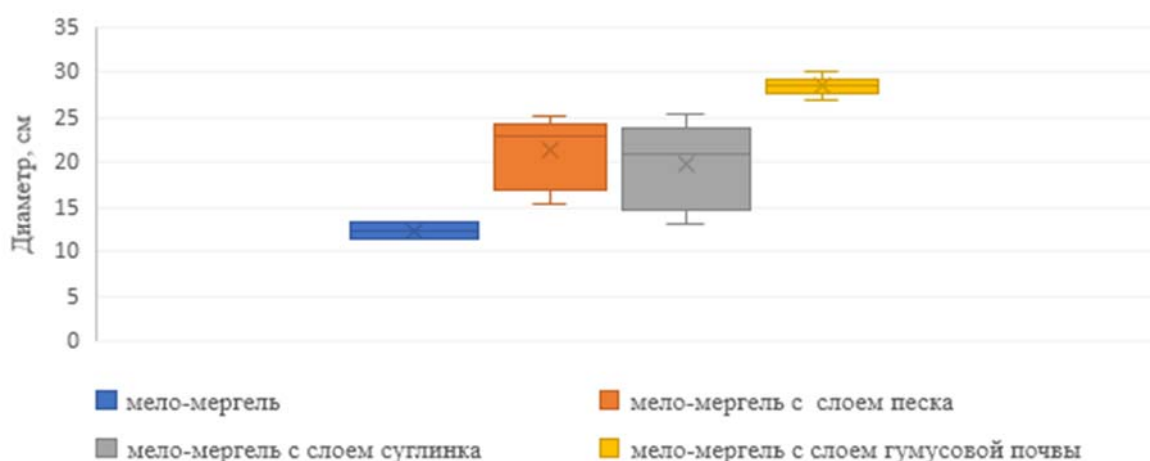


Рисунок 6. Боксплот-диаграмма среднего диаметра березы повислой (*B. pendula*) на различной техногенной почве

Figure 6. Boxplot diagram of the average diameter of *B. pendula* on the different types of technogenic soil

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

В варианте с песчаным мелиоративным слоем в 5-летнем возрасте высота насаждения березы повислой (*B. pendula*) и робинии псевдоакация (*R. pseudoacacia*) составляет 1,6...1,3 м. В 15-летнем возрасте средняя высота березы (*B. pendula*) достигала 7.1 м, что превышает показатели насаждения на мело-мергельном грунте в 4,7 раза. Робиния псевдоакация (*R. pseudoacacia*) – соответственно, 7,5 м, что больше в 5,7 раза по сравнению с контрольным вариантом. На техногенных почвах, сформированных с мелиоративным слоем суглинка и гумусированным слоем, прослеживается аналогичная закономерность. В варианте с мелиоративным слоем гумусированной почвы показатели роста, как по высоте, так и по диаметру превышают рост насаждений в варианте со слоем четвертичного суглинка. На техногенных почвах со слоем песчаных отложений энергия роста культур выше. На графике четко прослеживается доминирующее положение линии хода роста на протяжении всего 30-летнего периода по отношению к другим вариантам.

Применение мелиоративного слоя из песчаных отложений, четвертичного суглинка или гумусированной почвы значительно улучшает условия для роста. Наиболее благоприятные условия для роста культур формируются на техногенных почвах,

полученных из смеси мело-мергеля с гумусированным слоем.

Выводы

Подтверждается возможность качественного улучшения условий произрастания растений на мело-мергельных отвалах посредством формирования на его поверхности мелиоративного слоя.

На техногенных мело-мергельных почвах Щигровского рудника Курской области, сохранность, ход роста и состояние насаждений березы повислой (*B. pendula*) и робинии псевдоакация (*R. pseudoacacia*) зависят от качественного состава применяемого мелиоративного слоя.

Наибольшая напряженность роста свойственна насаждениям, произрастающим на мело-мергеле, который характеризуется наиболее низким качественным потенциалом лесорастительных условий.

В условиях Курской области техногенные субстраты по степени и качеству лесопригодности располагаются в следующем порядке: чистый мело-мергельный субстрат, мело-мергель с песчаным слоем, мело-мергель с тяжелым по гранулометрическому составу суглинистым компонентом и мело-мергельный субстрат с плодородным гумусированным слоем.

Список литературы

1. Androkhanov V. A., Boguslavsky A. E., Sokolov D. A. [et al.]. Soil-Ecological Assessment of Recultivation at the Spoils of Coal Deposits // *Chemistry for Sustainable Development*. 2023; 31 (1): 1–12. DOI: <http://doi.org/10.15372/CSD2023433>.
2. Гуркова Е. А., Андроханов В. А., Лавриненко А. Т. Ресурсы и специфика рекультивации отвалов угледобывающей промышленности Хакасии. Почвы и окружающая среда. 2020; 3 (4): e127. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v314.127>.
3. Деденко Т. П. Антропогенно-меловые ландшафты ЦЧР и их оптимизация для лесной рекультивации: моногр. Воронеж, 2019. 166 с.
4. Кушнир Е. А., Недбаев И. С., Трещевская Э. И. Оценка состояния лесных насаждений и почвенного покрова на участках рекультивации Кингисеппского месторождения фосфоритов // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. 2021, № 1. С. 68–80. DOI 10.21178/2079-6080.2021.1.68.
5. Малинина Т. А., Голядкина И. В., Тихонова Е. Н., Деденко Т. П. Оценка водно-физических свойств техногенных субстратов при биологической рекультивации отвалов КМА // *Лесотехнический журнал*. 2022; 12: 44–55. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2022.1/4.
6. Мильков Ф. Н. Ландшафтная география : Избранные труды. Воронеж : Издательство Истоки, 2018. 382 с. ISBN 978-5-4473-0189-7. <https://www.elibrary.ru/FNEUWB>.
7. Михно, В. Б. Современные проблемы физической географии и ландшафтоведения / В. Б. Михно, А. С. Горбунов, О. П. Быковская. Воронеж : Воронежский государственный университет, 2020. 176 с. ISBN 978-5-9273-3063-8. URL: <https://www.elibrary.ru/hgqrws>.
8. Недбаев И. С., Елсукова Е. Ю. Изучение мирового и российского опыта по разработке оптимальных путей рекультивации нарушенных земель // *Вестник евразийской науки*. 2021; 13: 6. URL: <https://elibrary.ru/aicckp>.
9. Рост, состояние и продуктивность кустарниковых пород в условиях отвалов железорудных месторождений / Э. И. Трещевская, Е. Н. Тихонова, И. В. Голядкина, С. В. Трещевская, К. В. Лабоха, В. И. Князев // *Лесотехнический журнал*. 2022; 12: 60–76. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/5>.
10. Уфимцев В. И. Опыт и современное состояние лесной рекультивации в Кузбассе. *Сибирский лесной журнал*. 2017; 4: 12–27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=298675051>.
11. Pazur R., Liescovsky J., Burgi M. (et al.) Abandonment and recultivation of agricultural lands in Slovakia - patterns and determinants from the past to the future / *Land*, 2020; 316.
12. Bruno S., Mariangela G. Assessment of rehabilitation project result of a gold mine area using landscape function analysis. *Applied Geography*. 2019; 108: 22–29.
13. Csákvári E., Molnár Z., Halassy M. Estimates of regeneration potential in the Pannonian sand region help prioritize ecological restoration interventions. Global priority areas for ecosystem restoration. *Commun Biol* 5, 2022 : 1136. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42003-022-04047-8>.
14. Doddabasawa B., Chittapur B., Murthy M. Traditional agroforestry systems and biodiversity conservation. *Bangladesh Journal of Botany*. 2018. 47(4) : 927–930. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9377-4>.
15. Edraki M., Baumgartl T., Mulligan D., Fegan W., Munawar A. Geochemical Characteristics of Rehabilitated Tailings and Associated Seepages at Kidston Gold Mine, Queensland, Australia. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2019; 33; 2: 133–147. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1362542>.
16. Gautam S., Patra A. K., Sahu S. P., Hitch M. Particulate Matter Pollution in Opencast Coal Mining Areas: A Threat to Human Health and Environment. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018; 32(2): 75–92. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1218110>.
17. Hu Z. Special Issue on Land Reclamation in Ecological Fragile Areas. *International Journal of Coal Science and Technology*. 2018; 5; 1: 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0206-5>.
18. Kuznetsova I., Timofeeva S. Green technologies in land recultivation for coal mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 1(408). DOI:10.1088/1755-1315/408/1/012075.

19. Macdonald S., Landhäuser S., Skousen J. (et al.) Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015: 703-732. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9506-4>.
20. McMahan K., Simard S., Grayston S., Anglin L., Lavkulich L. Small-volume additions of forest topsoil improve root symbiont colonization and seedling growth in mine reclamation. *Applied Soil Ecology*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104622>.
21. Nurtjahya E., Franklin J. A. Some Physiological Characteristics to Estimate Species Potential as a Mine Reclamation Ground Cover. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2019; 33: 75–86. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1333296>.
22. Santos P. Z. F. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agroforestry Landscapes meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*. 2019. 433:140-145. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.064>.
23. Treschevskaya E., Tikhonova E., Golyadkina I., Malinina T. Soil development processes under different tree species at afforested post-mining sites. *FORESTRY-2018 of the journal IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 226. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012012>.
24. Yang K., Cattle S. R. Contemporary Sources and Levels of Heavy Metal Contamination in Urban Soil of Broken Hill, Australia after ad hoc Land Remediation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2018; 32; 1: 18–34. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1208859>.

References

1. Androkhanov V. A., Boguslavsky A. E., Sokolov D. A. [et al.]. Soil-Ecological Assessment of Recultivation at the Spoils of Coal Deposits // *Chemistry for Sustainable Development*. 2023: 31 (1): 1–12. DOI: <http://doi.org/10.15372/CSD2023433>.
2. Gurkova E. A., Androkhanov V. A., Lavrinenko A. T. Resources and specifics of recultivation of dumps of the coal mining industry of Khakassia. *Soils and environment*. 2020. Vol. 3. No.4. e127 DOI: 10.31251/pos.v3i4.127 (in Russian).
3. Dedenko T. P. Antropogennno-melovie landshafti CChR i ih optimizaciya dlya lesnoi rekultivacii : monogr. Voronej. 2019. 166 s. (in Russian).
4. Kushnir E. A., Nedbaev I. S., Treshchevskaya E. I. Assessment of the state of forest plantations and soil cover in the areas of reclamation of the Kingisepp phosphorite deposit // *Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry No. 1, 2021*. pp. 68–80. DOI 10.21178/2079–6080.2021.1.68 (in Russian).
5. Malinina T. A., Golyadkina I. V., Tikhonova E. N., Dedenko T. P. Ocenka vodno-fizicheskikh svoystv tehnogennih substratov pri biologicheskoi rekultivacii otvalov KMA. *Lesotekhnicheskii zhurnal*. 2022; 12, 44–55 (in Russian). DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2022.1/4.
6. Milkov F. N. *Landscape geography : Selected works*. Voronezh : Istoki Publishing House, 2018. 382 p. ISBN 978-5-4473-0189-7 (in Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/FNEUWB>.
7. Mikhno V. B. *Modern problems of physical geography and landscape studies / V. B. Mikhno, A. S. Gorbunov, O. P. Bykovskaya*. Voronezh : Voronezh State University, 2020. 176 p. (in Russian). ISBN 978-5-9273-3063-8. URL: <https://www.elibrary.ru/hgqrws>.
8. Nedbaev I., Yelsukova E. Studying the world and Russian experience in developing optimal ways of recultivation of contaminated lands. *Bulletin of Eurasian Science*. 2021; 13 ; 6 (in Russian).
9. Growth, condition and productivity of shrubby rocks in the conditions of dumps of iron ore deposits / E. I. Treshchevskaya, E. N. Tikhonova, I. V. Golyadkina, S. V. Treshchevskaya, K. V. Labokha., V. I. Knyazev // *Forestry Journal*. 2022 ; 12 : 60–76 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/5> 10.
10. Ufimcev V. I. The experience and current state of forest reclamation in Kuzbass. *Sibirskij lesnoj zhurnal*. 2017; 4: 12-27. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29867051>.

11. Pazur R., Liescovsky J., Burgi M. (et al.) Abandonment and recultivation of agricultural lands in Slovakia - patterns and determinants from the past to the future / *Land*, 2020; 316.
12. Bruno S., Mariangela G. Assessment of rehabilitation project result of a gold mine area using landscape function analysis. *Applied Geography*. 2019; 108: 22–29.
13. Csákvári E., Molnár Z., Halassy M. Estimates of regeneration potential in the Pannonian sand region help prioritize ecological restoration interventions. *Global priority areas for ecosystem restoration. Commun Biol* 5, 2022 : 1136. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42003-022-04047-8>.
14. Doddabasawa B., Chittapur B., Murthy M. Traditional agroforestry systems and biodiversity conservation. *Bangladesh Journal of Botany*. 2018. 47(4) : 927–930. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9377-4>.
15. Edraki M., Baumgartl T., Mulligan D., Fegan W., Munawar A. Geochemical Characteristics of Rehabilitated Tailings and Associated Seepages at Kidston Gold Mine, Queensland, Australia. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2019; 33; 2: 133–147. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1362542>.
16. Gautam S., Patra A. K., Sahu S. P., Hitch M. Particulate Matter Pollution in Opencast Coal Mining Areas: A Threat to Human Health and Environment. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018; 32(2): 75–92. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1218110>.
17. Hu Z. Special Issue on Land Reclamation in Ecological Fragile Areas. *International Journal of Coal Science and Technology*. 2018; 5; 1: 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0206-5>.
18. Kuznetsova I., Timofeeva S. Green technologies in land recultivation for coal mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 1(408). DOI:10.1088/1755-1315/408/1/012075.
19. Macdonald S., Landhäuser S., Skousen J. (et al.) Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015: 703-732. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9506-4>.
20. McMahan K., Simard S., Grayston S., Anglin L., Lavkulich L. Small-volume additions of forest topsoil improve root symbiont colonization and seedling growth in mine reclamation. *Applied Soil Ecology*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104622>.
21. Nurtjahya E., Franklin J. A. Some Physiological Characteristics to Estimate Species Potential as a Mine Reclamation Ground Cover. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2019; 33: 75–86. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1333296>.
22. Santos P. Z. F. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agriculture Landscapes meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*. 2019. 433:140-145. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.064>.
23. Treschevskaya E., Tikhonova E., Golyadkina I., Malinina T. Soil development processes under different tree species at afforested post-mining sites. *FORESTRY-2018 of the journal IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 226. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012012>.
24. Yang K., Cattle S. R. Contemporary Sources and Levels of Heavy Metal Contamination in Urban Soil of Broken Hill, Australia after ad hoc Land Remediation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2018; 32; 1: 18–34. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1208859>.

Сведения об авторах

✉ Деденко Татьяна Петровна – канд. с.-х. наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5914-1225>, e-mail: dedenkotp@mail.ru.

Тихонова Елена Николаевна – канд. биол. наук, зав. кафедрой ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9039-9822>. e-mail: tichonova-9@mail.ru.

Малинина Татьяна Анатольевна – канд.с.-х. наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5967-3336>; e-mail: malinina15@yandex.ru.

Information about the authors

✉ *Tatiana P. Dedenko* – Cand. Sci (Agric), associate professor, Landscape Architecture and Soil Science department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5914-1225>, e-mail: dedenkotp@mail.ru.

Elena N. Tikhonova – Cand. Sci. (Biol.), Head of Landscape Architecture and Soil Science Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-9039-9822>. e-mail: tikhonova-9@mail.ru

Tatiana A. Malinina – cand. Sci (Agric), associate professor, landscape architecture and soil science department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5967-3336>, e-mail: malinina15@yandex.ru.

✉ – Для контактов | Corresponding author