



## КАРАГАНА ДРЕВОВИДНАЯ (*CARAGANA ARBORESCENS LAM.*) КАК КУСТАРНИКОВАЯ ПОРОДА ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Элла И. Трещевская<sup>1</sup>, ehllt@yandex.ru, 0000-0003-1454-4095

Елена Н. Тихонова<sup>1</sup>, tichonova-9@mail.ru, 0000-0002-9039-9822

Инна В. Голядкина<sup>1</sup> ✉, nina1818@yandex.ru, 0000-0002-4532-3810

Светлана В. Трещевская<sup>1</sup>, streshchevskaya@mail.ru, 0000-0002-2363-8512

Владислав И. Князев<sup>1</sup>, knyazz599@gmail.com, 0000-0003-4714-950X

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

Полезные ископаемые считаются одной из составляющих экономики любой страны. Отрицательной стороной техногенеза является возникновение техногенных ландшафтов с развитыми экзогенными процессами. Для их предотвращения и ликвидации осуществляется биологическая рекультивация, наиболее перспективным направлением которой является лесная рекультивация. В лесной рекультивации предпочтение отдается почвоулучшающим древесным и кустарниковым породам. Исследования проводились в насаждениях караганы древовидной (*Caragana arborescens Lam.*) на отвалах Курской магнитной аномалии в Белгородской области Центрального федерального округа России. Работы на пробных площадях выполнялись по общепринятым методикам. На песчано-меловом отвале рыхлой вскрыши культуры караганы полностью погибли к 38 годам. На двухкомпонентном техноземе, при поверхностном нанесении на песчано-меловую смесь плодородного слоя, карагана показала положительные результаты. Максимальная сохранность (84,2-82,0 %) характерна для первых четырех лет жизни караганы. Она мало зависит от экологических условий. Рост побегов у караганы начинается только во второй декаде мая. Наиболее активно побеги нарастают в третьей декаде мая – 43,8 %. Средняя биомасса одного куста караганы в возрасте 6 лет составляет 503 г. В то же время средняя масса одного экземпляра робинии лжеакации составляет 2264 г. Общий запас фитомассы в 9-летнем насаждении караганы – 69,5 ц/га, что в 2,6 раза меньше, чем в насаждении робинии лжеакации. Мелиорирующая роль листьев караганы является незначительной. Карагана древовидная богата минеральными элементами, что отражается на аккумуляции их в субстратах. Особенно велики в карагане запасы азота – 4,06 % и кальция – 1,46 %. Отвал находится в зоне горнорудного производства, поэтому содержание железа в ассимилирующих органах караганы превышает в 4 раза содержание на зональных почвах, а титана – в 1,8 раза. Значительная часть химических элементов приходится на зеленые части растений. С листьями караганы поступает: азота – 26,64 кг/га, калия – 1,78 кг/га, кальция – 17,52 кг/га и магния – 4,56 кг/га. Более половины химических элементов корневых систем аккумулируется в мелких корнях. При их отмирании они поступают непосредственно в субстрат. Карагана древовидная может быть рекомендована для лесной рекультивации техногенно нарушенных земель при смешении с более ценными древесными и кустарниковыми породами.

**Ключевые слова:** техногенно нарушенные земли, вскрышные породы, биологическая рекультивация, карагана древовидная, биомасса

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


**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.



**Для цитирования:** Трещевская, Э. И. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) как кустарниковая порода при биологической рекультивации техногенных ландшафтов / Э. И. Трещевская, Е. Н. Тихонова, И. В. Голядкина, С. В. Трещевская, В. И. Князев // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 3 (43). – С. 31–44. – Библиогр.: с. 40–43 (19 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/3>.


*Поступила:* 23.06.2021 *Принята к публикации:* 26.09.2021 *Опубликована онлайн:* 01.07.2021


### CARAGANA ARBORESCENS LAM. AS A SHRUB SPECIES FOR BIOLOGICAL RECLAMATION OF POST-TECHNOGENIC AREAS

**Ella I. Treschevskaya**<sup>1</sup>, [ehl1t@yandex.ru](mailto:ehl1t@yandex.ru),  0000-0003-1454-4095

**Elena N. Tikhonova**<sup>1</sup>, [tichonova-9@mail.ru](mailto:tichonova-9@mail.ru),  0000-0002-9039-9822

**Inna V. Golyadkina**<sup>1</sup> , [nina1818@yandex.ru](mailto:nina1818@yandex.ru),  0000-0002-4532-3810

**Svetlana V. Treschevskaya**<sup>1</sup>, [streshchevskaya@mail.ru](mailto:streshchevskaya@mail.ru),  0000-0002-2363-8512

**Vladislav I. Knyazev**<sup>1</sup>, [knyazzz599@gmail.com](mailto:knyazzz599@gmail.com),  0000-0003-4714-950X

<sup>1</sup>*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation*

#### Abstract

Mineral resources are considered to be one of the components of the economy of any country. The emergence of technogenic landscapes with developed exogenous processes is the negative side of technogenesis. Biological reclamation is carried out to prevent and eliminate them. The most promising direction is forest reclamation. In forest reclamation, preference is given to soil-improving tree and shrub species. The studies were carried out in the plantations of Siberian pea shrub (*Caragana arborescens* Lam.) on the dumps of the Kursk magnetic anomaly in the Belgorod region of the Central Federal District of Russia. The work on the test plots was carried out according to generally accepted methods. Caragana tree by the age of 38 on the sandy-chalk dump of loose overburden completely died. Caragana tree showed positive results on a two-component technozem being applied superficially to a sandy-chalk mixture of a fertile layer. The maximum preservation (84.2-82.0%) is typical for the first four years of shrub life. It depends little on environmental conditions. The growth of caragana shoots begins only in the second decade of May. Shoots grow most actively in the third decade of May - 43.8%. The average biomass of one caragana bush is 503 g (at the age of 6 years). At the same time, the average weight of one specimen of pseudoacacia robinia is 2264 g. The reclamation role of caragana leaves is insignificant. Siberian pea shrub is rich in mineral elements, which is reflected in their accumulation in substrates. The reserves of nitrogen and calcium are especially large in this shrub (4.06% and 1.46% respectively). The dump is located in the mining production zone. Therefore, the content of iron in the assimilating organs of the shrub is 4 times higher than that on zonal soils, and titanium is 1.8 times. A significant part of the chemical elements is found in the green parts of plants. Caragana leaves are supplied with: nitrogen – 26.64 kg / ha, potassium – 1.78 kg / ha, calcium – 17.52 kg / ha and magnesium – 4.56 kg / ha. More than half of the chemical elements of root systems are accumulated in small roots. When they die off, they go directly to the substrate. Siberian pea shrub can be recommended for forest reclamation of technogenically disturbed lands when mixed with more valuable tree and shrub species.

**Keywords:** technologically disturbed lands, overburden, biological reclamation, Siberian pea shrub, biomass

**Acknowledgments:** the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

**For citation:** Treschevskaya E.I., Tikhonova E.N., Golyadkina I.V., Treschevskaya S.V., Knyazev V. I. (2021) *Caragana arborescens* Lam. as a shrub species for biological reclamation of post-technogenic areas. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 11, No. 3 (43), pp. 31-44 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/3>.

**Received:** 23.06.2021 **Accepted for publication:** 26.09.2021 **Published online:** 01.07.2021

### Введение

Интенсивное освоение природных ресурсов с одновременным ростом технического оснащения современного производства сопровождается всё возрастающим отрицательным воздействием на окружающую среду. Наряду с небольшими техногенными преобразованиями возникают так называемые «техногенные ландшафты», в которых полностью нарушены и видоизменены сложившиеся природные связи.

Чаще всего техногенные ландшафты образуются в результате добычи полезных ископаемых и переработки минерального сырья. Примером крупномасштабных техногенных ландшафтов в Центральном ФО являются карьерно-отвалы комплексы, возникшие в результате промышленных разработок Курской магнитной аномалии (КМА).

В государственном докладе министерства природных ресурсов РФ отмечается, что «месторождения КМА в 2019 г обеспечивали половину объема добычи железных руд в России, в т. ч. Михайловское месторождение в Курской области – треть; остальное добывается на объектах Белгородской области, в основном, на Лебединском и Стойленском месторождениях» [4].

По актуальным данным о состоянии и об охране окружающей среды РФ, «в последние годы сохраняется тенденция к увеличению площади техногенных ландшафтов. Так, по приблизительным подсчетам в 2019 г. площадь нарушенных земель в России составила 1076,9 тыс. га, что на 4,5 тыс. га больше, чем в предыдущем году. С 2010 года площадь нарушенных земель увеличилась на 119,9 тыс. га, в большей степени на землях промышленности и иного назначения» [5].

В связи с большой замедленностью процессов саморегуляции в природе для предотвращения необратимых отрицательных изменений в экосистемах необходима активизация направленного

преобразования и восстановления нарушенных территорий. Лесная рекультивация позволяет сократить водно-ветровые эрозии отвальных грунтов, снизить уровень вторичного загрязнения прилегающих ландшафтов, а также аккумулировать в многолетних частях древесных растений ряд токсичных элементов [2].

Лесная рекультивация является ведущим направлением восстановления нарушенных промышленностью земель в разных регионах РФ, в частности Кузбассе и других лесных областях, большое внимание уделяется вопросам лесной рекультивации в США и странах Евросоюза [10, 13, 16].

Подходы к выбору древесных и кустарниковых пород для лесной рекультивации различны. Например, в США основой для использования той или иной породы является наблюдение за естественным зарастанием отвала, то есть это местные виды деревьев и кустарников [17]. В отечественной практике первоочередное внимание уделяется видам, наиболее устойчивым к сложным экологическим условиям и бедности субстрата. Общим во всех рекомендациях, как отечественных, так и зарубежных, является использование для лесной рекультивации азотфиксирующих растений.

Растения семейства бобовых (*Fabacea*) за счет симбиотических азотфиксаторов способны повышать микробиологическую активность и плодородие почв. Поэтому они часто рекомендуются для проведения работ по восстановлению антропогенно-нарушенных территорий. Среди древесных фитомелиорантов из семейства бобовые можно выделить робинию лжеакацию (*Robinia pseudoacacia* L.), которая имеет высокую сохранность, продуктивность в условиях техногенных ландшафтов КМА [11]. Под посевами многолетних трав из семейства бобовые, наблюдалось улучшение важных агрохимических показателей нарушенных земель и повышение содержания органического

го вещества. Среди испытанных трав в условиях КМА хорошо зарекомендовали себя люцерна синегибридная (*Medicago hybridum L.*), эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria (Kit). DC.*) и некоторые другие виды [12].

Целью данной работы является оценка сохранности, продуктивности, а также химического состава кустарника семейства бобовых – караганы древовидной на техногенно нарушенных землях КМА за более чем 40-летний период.

### Материалы и методы

Карагана древовидная, или жёлтая акация (*Caragana arborescens Lam.*) – кустарник семейства бобовые, достигающий в зональных условиях высоты 5-7 м. Естественный ареал караганы древовидной находится в Западной Сибири (южнее 61°с. ш.), на Алтае, в Саянах до Иркутска, в Восточном Казахстане и Монголии, где вид приурочен к каменистым склонам и скалам. Вторичный ареал караганы древовидной охватывает всю Россию [8]. Неприхотлива к почвенным условиям, хорошо переносит засуху и морозы. Корневая система мощная, в симбиозе с азотфиксирующими бактериями, благодаря чему растение применяется в мелиоративных целях как почвоулучшающая порода. Нетребовательность караганы и способность закреплять склоны позволяет использовать ее при биологической рекультивации отвалов.

Исследования по использованию караганы древовидной для лесной рекультивации техногенно нарушенных земель проводились на отвалах Курской магнитной аномалии (КМА). Территория находится в Белгородской области Центрального федерального округа России. Вскрышные породы в отвалах в большинстве своем представлены песками и песчано-меловыми смесями, которые по классификациям Коротаева Г.В. и др. (1976), Трещевского И.В. и др. (1978), Стифеева А.И. (1993) относятся к малопригодным породам для биологического освоения [3].

Первым опытным объектом является отвал рыхлой вскрыши, сложенный песчано-меловой смесью, имеет высоту 90 м и крутизну откосов 35-40°. Примесь к пескам сеномана и апта алевритов, юрских и девонских глин придает отвалу супесчаный, местами легкосуглинистый грануломет-

рический состав. В толще отвала встречаются фосфориты, сланцы, мел, мергель. До проведения лесной рекультивации на нем интенсивно протекали процессы эрозии и дефляции. Работы по облесению отвала были начаты через 12 лет после его отсыпки. Весной 1972 года на откосе юго-западной экспозиции была произведена закладка опытных насаждений 10 древесных и кустарниковых пород, в том числе караганы древовидной. Сеянцы высаживались вручную, рядами перпендикулярно склону с размещением посадочных мест 2,0 x 0,5 м.

Вторым опытным объектом является гидроотвал Березовый лог Лебединского горно-обогатительного комбината. Гидроотвал имеет высоту 40-46 м, крутизну откосов – 6-30°, сложен кварцевыми песками альбского яруса и песчано-глинистыми отложениями апского яруса. Намыты также сеноманские среднезернистые кварцевые пески с включением фосфоритов, в небольших количествах к пескам примешаны куски мела сеноманского и туронского ярусов. Для улучшения лесорастительных условий было произведено землевание, т.е. нанесение на поверхность отвала плодородного слоя мощностью 20-80 см. Насаждения караганы древовидной создавались на гидроотвале Березовый лог в 1976 году после проведения землевания. Посадка осуществлялась вручную, размещение посадочных мест 2,0 x 0,5 м.

Постоянные пробные площади были заложены, начиная с момента посадки растений. При закладке площадей учитывались требования таксации. Исследовательские работы на пробных площадях выполнялись по общепринятым в практике лесоводства, лесоведения и почвоведения методикам. Учёт микроклиматических изменений производился по общепринятым методикам метеорологических наблюдений.

Изучение сезонного прироста побегов проводилось по методике Молчанова А.А. и Смирнова В.В. (1967), биомассы – по методике Ремезова Н.П. (1959), корневых систем – по Калинину М.И. (1991), массы листового опада – по рекомендациям Аткина А.С. и Стаканова В.Д. [1]. В листовом опаде в Государственном центре агрохимической службы «Воронежский» определялись показатели по следующим ГОСТам: фосфор – по

ГОСТ 26657-97; калий – по ГОСТ 30504-97; кальций и магний – по ГОСТ 26570-95; азот – по ГОСТ 13496, 4-93; влага – по ГОСТ 27548-97; зола – по ГОСТ 13979-69. Определение микроэлементов в растениях проводилось атомно-адсорбционным спектрофотометром марки ААС 703 «Перкин-Эльмер» (США) в образцах, отобранных согласно рекомендациям Зырина Н.Г. и Обухова А.И. [6]. Статистическая обработка полученных данных выполнялась с использованием пакета прикладных программ Excel и STATISTICA.

### Результаты и обсуждение

Впервые на техногенно нарушенных землях КМА карагана была высажена на песчано-меловой смеси отвала рыхлой вскрыши в 1972 году, где показала хорошую приживаемость – 95 %. В 7-летнем возрасте ее сохранность составляла 67,5 %. В этом же возрасте карагана имела следующие биометрические показатели: среднюю высоту –  $2,29 \pm 0,03$  м, средний прирост по высоте – 32,7 см, текущий прирост – 19,8 см, средний диаметр на высоте 0,1 м –  $2,56 \pm 0,03$  см. Однако впоследствии сохранность караганы начала постепенно снижаться. К возрасту 38 лет она полностью выпала в связи с экстремаль-

ными условиями нарушенных земель, где лимитирующим фактором является влага.

Для повышения запасов влаги и питательных веществ на гидроотвале Березовый лог был сформирован двухкомпонентный технозем путем нанесения на песчано-меловую смесь плодородного слоя разной мощности. Одной из 48 древесных и кустарниковых пород стала карагана древовидная как почвоулучшающая кустарниковая порода. Благоприятные годы, когда количество осадков достигало 640-675 мм, способствовали лучшей приживаемости караганы. Она составляла 85 % на откосе отвала, а на вершине доходила до 90 %. Различий в приживаемости растений, высаженных ручным и механизированным способами, отмечено не было.

С 1977 по 2017 годы был проведен мониторинг за насаждениями караганы древовидной с целью ее дальнейшего использования при лесной рекультивации нарушенных земель. Результаты приводятся в табл. 1. Анализ материалов показывает, что карагана древовидная слабо реагирует на колебания экологических условий. Величина ее сохранности понижается всего на 2,6-6,9 %.

Таблица 1

Показатели сохранности и роста караганы древовидной в зависимости от годового количества осадков

Table 1

Indicators of preservation and growth of *Caragana arborescens* Lam., depending on the annual precipitation

Годы   Year	Возраст, лет   Age	Количество осадков, мм   Annual precipitation, mm	Сохранность, %   Preservation, %	Средняя высота, м   Average height, m	Текущий прирост по высоте, см   Annual increase in height, cm	Средний диаметр, см   Average diameter, cm
1977	3	644	84,2	$0,56 \pm 0,01$	$28,4 \pm 0,33$	$0,46 \pm 0,01$
1978	4	534	82,0	$0,98 \pm 0,01$	$23,6 \pm 0,31$	$1,01 \pm 0,01$
1979	5	592	76,4	$1,18 \pm 0,02$	$20,3 \pm 0,11$	$1,40 \pm 0,01$
1980	6	799	71,4	$1,28 \pm 0,02$	$28,9 \pm 0,41$	$1,73 \pm 0,02$
1981	7	609	71,0	$1,40 \pm 0,02$	$16,4 \pm 0,10$	$1,81 \pm 0,02$
2010	36	490	35,0	$2,64 \pm 0,03$	$10,5 \pm 0,09$	$3,44 \pm 0,03$
2017	43	508	10,7	$3,30 \pm 0,03$	$8,4 \pm 0,09$	$4,36 \pm 0,03$

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Таблица 2

Сезонный прирост побегов у караганы древовидной

Table 2

Seasonal growth of shoots of *Caragana arborescens* Lam.

Май   May			Июнь   June			Июль   July		
1 декада   1 <sup>st</sup> decade	2 декада   2 <sup>nd</sup> decade	3 декада   3 <sup>d</sup> decade	1 декада   1 <sup>st</sup> decade	2 декада   2 <sup>nd</sup> decade	3 декада   3 <sup>d</sup> decade	1 декада   1 <sup>st</sup> decade	2 декада   2 <sup>nd</sup> decade	3 декада   3 <sup>d</sup> decade
Нарастание побегов*   Growth of shoots*								
-	$\frac{6,30 \pm 0,87}{30,9}$	$\frac{8,93 \pm 0,97}{43,8}$	$\frac{4,50 \pm 0,43}{22,0}$	$\frac{0,58 \pm 0,15}{2,8}$	$\frac{0,04 \pm 0,02}{0,2}$	$\frac{0,06 \pm 0,04}{0,3}$	-	-
Прирост нарастающим итогом*   Cumulative growth of shoots*								
-	$\frac{6,30 \pm 0,87}{30,9}$	$\frac{15,23 \pm 0,74}{74,7}$	$\frac{19,73 \pm 0,95}{96,7}$	$\frac{20,31 \pm 0,01}{99,5}$	$\frac{20,35 \pm 0,62}{99,7}$	$\frac{20,41 \pm 0,01}{100}$	-	-

\* в числителе – см, в знаменателе – %. Собственные экспериментальные данные

Note: \* in the numerator – cm, in the denominator – %. Source: own experimental data

Таблица 3

Биомасса модельных экземпляров караганы древовидной (в воздушно-сухом состоянии)

Table 3

Biomass of model exemplars of *Caragana arborescens* Lam. (in air-dry state)

Возраст, лет   Age	Надземная часть, г   Above- ground biomass, g	Подземная часть, г   Under- ground biomass, g	Общая биомасса, г   Total biomass, g	% листьев от биомассы   Per- centage of leaves from biomass	% корней от биомассы   Percentage of roots from bio- mass
3	86	55	141	24	39
6	283	114	397	28	29
8	348	155	503	25	31

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Однако в годы с наибольшим количеством осадков наблюдаются большие величины прироста. Что касается сохранности, то максимальная (84,2-82,0 %) отмечается в первые четыре года жизни караганы. Затем она постепенно снижается и резко падает к возрасту 36 лет. К 43 годам насаждение стареет, характеризуется неудовлетворительным ростом и низкой (10,7 %) сохранностью.

Одним из показателей интенсивности роста древесных и кустарниковых пород в условиях отвалов является темп прироста в течение вегетационного периода. Прирост характеризует не только жизнедеятельность растения, но и воздействие на

него окружающей среды. Наблюдения за сезонным приростом 8-летней караганы приводятся в табл. 2.

Из таблицы видно, что рост побегов у караганы начинается только во второй декаде мая. Наиболее активно побеги нарастают в третьей декаде мая – 43,8 %. Максимум, 74,7 %, приходится на конец третьей декады. Завершается же прирост побегов в первой декаде июля. Таким образом, период роста побегов у караганы короткий. Если сравнивать с древесными породами, например с березой, то ее рост в течение вегетационного периода значительно продолжительнее. Наиболее активный прирост у березы наблюдается во второй половине вегетации – 58,2 %. На прирост боковых побегов

оказывает влияние смыкание крон в рядах. Пока оно не наступило, ориентация по сторонам света на прирост боковых побегов не оказывает влияния.

Общеизвестно, что для успешного восстановления техногенно нарушенных земель необходимо создание фитоценозов, характеризующихся высокой биологической продуктивностью. Они повышают плодородие субстратов и улучшают их физическое состояние. По моделям караганы определена биомасса надземных и подземных органов. Надземная часть включает листья, прирост последнего года, ветви мелкие, ветви крупные, ствол. Подземная часть включает корни мелкие и корни крупные. Данные приводятся в табл. 3. Анализ приведенных данных показывает, что с возрастом количество органического вещества, синтезированного растениями, увеличивается. В возрасте 6 лет средняя масса одного куста караганы составляет всего 503 г. В то же время средняя масса одного

экземпляра робинии лжеакации составляет 2264 г, облепихи – 2281 г, лоха узколистного – 2191 г, жимолости татарской – 544 г. Даже по сравнению с жимолостью биомасса караганы меньше на 7,5 %.

Карагана в условиях отвально-техногенных ландшафтов формирует небольшую корневую систему, которая располагается в основном в верхнем 40-сантиметровом плодородном слое. Процент ассимилирующих органов у караганы ниже, чем корневых систем. Именно они, образуя подстилку, предохраняют плодородный слой от дефляции и эрозии, а также повышают запасы питательных элементов, т.е. преобразуют отвальные земли.

Зная количество растений на 1 га, можно рассчитать общий запас фитомассы на 1 га для отдельных его частей, а также общие запасы органического вещества в насаждении, которые включают и мертвое органическое вещество (табл. 4).

Таблица 4

Общий запас биомассы в 9-летнем насаждении караганы древовидной на откосах гидроотвала

Table 4

The total biomass of 9-year-old plantation of *Caragana arborescens* Lam. on the slopes of the dump

Компоненты биомассы   Biomass components	Запас, ц/га   Stock, c ha <sup>-1</sup>
Надземная часть, в том числе   Aboveground biomass, including :	
листья   leaves	4,8
ствол, ветви   trunk, branches	8,4
моховой покров   moss cover	9,0
травы   grasses	13,0
мертвый покров   mortmass	7,0
Итого   Sum:	42,2
Подземная часть, в том числе   Underground biomass, including :	
корни караганы   roots of trees	5,9
корни трав   roots of grasses	21,4
Итого   Sum:	27,3
Общий запас биомассы   Total biomass	69,5

Источник: собственные данные

Source: own calculations

Содержание химических элементов в листьях и мелких корнях караганы древовидной

Table 5

The content of chemical elements in the leaves and small roots of *Caragana arborescens* Lam.

Химические элементы, % на сухое вещество   Chemical elements, percentage on dry matter								
N	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	P	Сумма   Total
4,06	0,23	0,07	0,11	1,46	0,62	0,33	0,34	7,22

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Из табл. 4 видно, что общий запас фитомассы в 9-летнем насаждении караганы составляет 69,5 ц/га. Это в 2,6 раза меньше, чем в насаждении робинии, и в 2,1 раза меньше, чем в насаждении облепихи. Доля листьев и ствола в общей фитомассе составляет 19 %, а доля корней – всего 8,5 %. Основная роль в пополнении запасов фитомассы в насаждении караганы принадлежит корням травянистых растений – 30,8 %. Учитывая, что 1/3 корневых систем ежегодно отмирает, можно считать, что именно они пополняют запасы питательных элементов в техноземах. Отсюда мелиорирующую роль листьев караганы можно считать незначительной. Но травянистые растения являются существенными конкурентами для культурных растений, поэтому необходимо ограничивать их распространение. Одним из способов такого ограничения является посев бобовых трав в междурядьях лесных культур. Знание химического состава растений необходимо при изучении целого ряда биологических проблем. Прежде всего, растительность является важным фактором почвообразовательного процесса и своим составом оказывает влияние на формирование техноземов. В табл. 5 приводится содержание азота и зольных элементов в листьях и мелких корнях караганы.

Общеизвестно, что на химический состав растений оказывают влияние климат, химический состав почв и горных пород, видовая принадлежность растений [14, 19]. Карагана древовидная богата минеральными элементами. Ей уступают такие породы, как бузина красная, робиния лжеакация и облепиха крушиновая, содержания химических элементов в которых составляют соответственно 6,90, 5,93 и 5,15 %. Особенно велики в карагане запасы азота – 4,06 %. На втором месте у нее кальций – 1,46 %. Наблюдается

также значительное накопление магния – 0,62 %. Такие элементы, как кремний, алюминий, железо, калий и фосфор содержатся в малых количествах – в сотых и реже десятых долях процента. Отсюда видно, что карагана древовидная играет большую роль в накоплении в субстратах отвалов такого важного химического элемента, как азот.

Анализ содержания тяжелых металлов в растениях гидроотвала «Берёзовый лог» проводился по среднему содержанию тяжелых металлов в надземной массе растений караганы, для сравнения также приводится среднее содержание тяжелых металлов в ассимилирующих органах караганы на зональных землях (табл. 6).

Микроэлементный состав растений (в т.ч. содержание тяжелых металлов) в большей степени зависит от геохимических особенностей ландшафта [9]. В связи с тем, что отвал находится в зоне горнорудного производства, содержание железа и титана превышает содержание этих элементов в ассимилирующих органах караганы, произрастающей на зональных почвах, соответственно в 4 и в 1,8 раза. По данным Копыловой Л.В. (2010 г.), карагана древовидная является активным накопителем железа в листьях, что также подтверждается нашими экспериментальными данными [7].

Различий в содержании никеля и меди практически не наблюдается. А содержание марганца на зональных почвах в 10,6 раза больше, чем в карагане, произрастающей на отвале. Марганец является важным микроэлементом, который необходим для нормального роста и развития растений и других живых организмов. Тем не менее, его избыток отрицательно влияет на физиологические процессы [15].



Содержание тяжелых металлов в ассимилирующих органах караганы древовидной

Table 6

The content of heavy metals in the assimilating organs of *Caragana arborescens* Lam.

Тяжелые металлы, мг/кг   Heavy metals, mg kg <sup>-1</sup>				
Fe	Ti	Mn	Ni	Cu
Гидроотвал «Березовый лог»   dump "Berezovy log"				
960	310	76	3,9	7,5
Зональные почвы   Zonal soils				
240	171	810	3,0	7,0

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Таблица 7

Содержание химических элементов в разных фракциях биомассы караганы древовидной

Table 7

The content of chemical elements in different fractions of the biomass of *Caragana arborescens* Lam.

Фракции биомассы   Fractions biomass	Химические элементы, кг/га   Chemical elements, kg ha <sup>-1</sup>								
	N	P	K	Ca	Mg	Si	Fe	Al	сум-ма  total
Листья   Leaves	26,64	1,63	1,78	17,52	4,56	0,53	0,43	0,29	53,38
Ветви   Branches	13,44	2,10	1,26	4,79	1,18	0,84	0,66	0,33	24,60
Итого надземная часть   Total aboveground biomass:	40,08	2,73	3,04	22,31	5,74	1,37	1,09	0,62	77,98
Корни мелкие   Small roots	9,02	0,56	0,72	1,67	0,51	0,70	0,30	0,19	13,67
Клубеньки   Nodules	12,82	0,22	0,24	0,71	0,46	0,58	0,19	0,17	15,39
Корни крупные   Large roots	14,72	1,71	1,46	2,44	0,56	1,20	0,30	0,21	22,60
Итого подземная часть   Total underground biomass:	36,56	2,49	2,42	4,82	1,53	2,48	0,79	0,57	51,66
Всего   Total:	76,64	6,22	5,46	27,13	7,27	3,85	1,88	1,19	129,64

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Таким образом, карагана древовидная является активным накопителем железа на техногенно нарушенных землях. Учитывая близость горнорудного производства, фоновые концентрации по всем исследованным микроэлементам в ассимилирующих органах караганы превышены, но не токсичны. Дальнейшего изучения требует вопрос о специфической аккумуляции тяжелых металлов в зависимости от содержания их в субстратах нарушенных земель и видовой принадлежности растений.

Накопление азота и зольных элементов в биомассе зависит от ее запаса. Содержание химических элементов в разных частях 9-летних культур караганы приводится в табл. 7. Из таблицы видно, что значительная часть химических элементов приходится на зеленые части растений. С листьями поступает: азота – 26,64 кг/га, калия – 1,78 кг/га, кальция – 17,52 кг/га и магния – 4,56 кг/га. В корнях пород-азотонакопителей, которой и является карагана, сосредоточены большие запасы азота. Причем более половины всего количества аккумуля-

лируется в мелких корнях. При их отмирании азот поступает непосредственно в субстрат, повышая запасы этого элемента. Содержание фосфора, кремния, железа и алюминия в надземных и подземных органах караганы отличается незначительно.

Сумма химических элементов в 9-летнем насаждении караганы составляет 129,64 кг/га. С надземной частью поступает более 60 % всего количества. Если сравнить карагану с другими породами, то в насаждении робинии лжеакамии накапливается 589,29 кг/га химических элементов, облепихи – 384,31, а сосны – 66,55 кг/га [18].

### Выводы

Таким образом, на основе полученных данных, можно сделать следующие выводы:

1. Карагана древовидная применяется для биологической рекультивации техногенно нарушенных земель как почвоулучшающая порода-азотонакопитель.

2. На песчано-меловой смеси отвала рыхлой вскрыши в 7-летнем возрасте карагана имела сохранность 67,5 %, которая в дальнейшем снижалась в связи с экстремальными условиями нарушенных земель, и к возрасту 38 лет карагана полностью выпала.

3. Для улучшения лесорастительных условий на гидроотвале были сформированы двухкомпонентные техноземы путем нанесения на песчано-меловую смесь плодородного слоя мощностью от 20 до 80 см. Насаждение караганы на двухкомпонентных техноземах также характеризуется неудовлетворительным ростом и низкой сохранностью – 10,7 % к 43 годам.

4. Сезонный рост является показателем интенсивности роста растений в условиях отвалов. Карагана характеризуется коротким периодом рос-

та побегов – со второй декады мая по первую декаду июля.

5. Для успешной реабилитации техногенно нарушенных земель необходимо создание фитоценозов, характеризующихся высокой биологической продуктивностью. Карагана в условиях отвально-техногенных ландшафтов формирует небольшие запасы биомассы. По сравнению с другими испытанными породами в 6-летнем возрасте биомасса караганы в 4-4,5 раза ниже, чем у робинии лжеакамии, облепихи крушиновой и лоха узколистного.

6. От химического состава растений зависит аккумуляция веществ в техноземах. В листьях и мелких корнях караганы содержится 4,06 % азота, поэтому она играет большую роль в обогащении субстратов отвалов этим макроэлементом.

7. Содержание железа в ассимилирующих органах караганы на отвале превышает содержание этого элемента в карагане, произрастающей на зональных почвах, в 4 раза. Карагана древовидная является активным накопителем железа на техногенно нарушенных землях.

8. Общее содержание химических элементов в 9-летних культурах караганы составляет 129,64 кг/га. По накоплению азота и зольных элементов необходимо отметить большие запасы азота в корнях караганы – 36,56 кг/га. По сравнению с другими испытанными породами карагана уступает по сумме химических элементов в 3-4 раза робинии лжеакамии и облепихе крушиновой.

Проведенные исследования и полученные выводы позволяют сделать следующие рекомендации производству: использовать карагану древовидную при лесной рекультивации техногенных ландшафтов целесообразно только при смешении с более ценными породами.

### Список литературы

1. Аткин, А. С., Стаканов В. Д. Определение массы опада в лесных сообществах. Лесное хозяйство. 1996; 2: 44-45. Режим доступа: [https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5149/1/lesa\\_urala\\_19\\_03.pdf](https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5149/1/lesa_urala_19_03.pdf).
2. Ведерников К.Г. Лесная рекультивация и оптимизация техногенных ландшафтов: На примере промышленных отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза: специальность 03.00.16 «Экология»: дис. ... канд. биол. наук: защищена 13.10.2002 / Ведерников Константин Георгиевич; Институт экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 2002 141 с. Режим доступа: <http://forestry3.chat.ru/pdf/vedernikov.pdf>.

3. ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации : издание официальное : дата введения 1986.01.01. – Москва : Сборник ГОСТов, 2002. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003375>.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». Москва : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2020. 494 с. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/](https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyu_doklad_o_sostyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/).
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году. Москва : Минприроды России, 2020. 1000 с. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/proekt\\_gosudarstvennogo\\_doklada\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federat2019/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federat2019/).
6. Зырин Н. Г., Обухов А. И. Спектральный анализ почв, растений и других биологических объектов. Москва, 1977. 334 с.
7. Копылова Л. В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края. Известия Самарского научного центра РАН. 2010;1-3: 709-712. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15624719>.
8. Куклина А. Г., Виноградова Ю. К., Ткачева Е. В. К биологии цветения чужеродных видов *Caragana Arborescens* Lam. и *C. Laeta*. Ком. Российский Журнал Биологических Инвазий. 2015;3: 22-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25281528>.
9. Никитенко М. А. Содержание цинка, меди, марганца и железа в древесных растениях в условиях малого промышленного города (на примере г. Сарапула Удмуртской республики). Исследовано в России. 2007: 180-183. Режим доступа: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01003380232.pdf](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01003380232.pdf).
10. Посттехногенные экосистемы Севера / под ред. И. Б. Арчеговой, Л. П. Капелькиной. Санкт-Петербург : Наука, 2002. 159 с. ISBN: 5-02-026181-5. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21145061>.
11. Трещевская Э. И., Тихонова Е. Н. Биологическая продуктивность древесных пород в насаждениях техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии. Лесотехнический журнал. 2015;3: 122-130. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24927054>.
12. Трещевская С. В., Трещевская Э. И., Бобрешов К.В. Опыт выращивания рекультивационных сосновых насаждений на нарушенных землях КМА. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2013; 4: 228-232. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20603596>.
13. Уфимцев В. И. Опыт и современное состояние лесной рекультивации в Кузбассе. Сибирский лесной журнал. 2017; 4: 12-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29867051>.
14. Чибрик Т. С., Батулин Г. И. Биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель: произв.-практ. рекомендации. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003. 36 с. Режим доступа: <https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/28109/1/biolog1.pdf>.
15. Concas A., Ardau C., Cristini A. (et al.) Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. Chemosphere. 2006;63: 244-253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.08.024>.
16. Liebenberg D., Claassens S., van Rensburg L. Insights and Lessons Learned from the Long-term Rehabilitation of an Iron ore Mine. Int. J. Environ. Res. 2013;7(3): 633-644. DOI: <https://dx.doi.org/10.22059/ijer.2013.643>.
17. Macdonald S., Landhausser S., Skousen J. (et al.) Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. New Forests. 2015: 703-732. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-015-9506-4>.
18. Treschevskaya E. I., Tichonova E. N., Golyadkina I. V., Malinina T. A. Soil development processes under different tree species post-mining sites. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019; 226. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/011001>.

19. Zamotaev I. V., Ivanov I. V., Mikheev P. V., Belobrov V. P. Transformation and Contamination of Soils in Iron Ore Mining Areas (a Review). *Eurasian Soil Science*. 2017;50(3): 359-372. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229317030127>.

### References

1. Atkin A.S. Opredelenie massy opada v lesnyh soobshhestvah [Determination of litter biomass in forest ecosystems]. *Lesnoe hozjajstvo = Forestry*. 1996; 2: 44-45. (In Russ.). URL: [https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5149/1/lesa\\_urala\\_19\\_03.pdf](https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5149/1/lesa_urala_19_03.pdf).

2. Vedernikov K.G. Lesnaya rekultivaciya i optimizaciya tekhnogennyh landshaftov: Na primere promyshlennyh otvalov Kumertauskogo burougol'nogo razreza [Forest reclamation and optimization of technogenic landscapes: On the example of industrial dumps of the Kumertau brown coal mine] Tolyatti. 2002, 141 p. (In Russ.). URL: <http://forestry3.chat.ru/pdf/vedernikov.pdf>.

3. GOST 17.5.1.02-85. Ohrana prirody. Zemli. Klassifikaciya narushennyh zemel' dlya rekultivacii: data vvedeniya 1986.01.01. [Protection of Nature. Earth. Classification of disturbed lands for reclamation: date of introduction 1986.01.01.], 2002. (In Russ.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003375>.

4. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossijskoj Federacii v 2019 godu» [State report "On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2019]. 2020, 494 p. (In Russ.). URL: [https://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoj\\_federatsii/gosudarstvennyj\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoj\\_federatsii/](https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoj_federatsii/gosudarstvennyj_doklad_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoj_federatsii/).

5. Gosudarstvennyj doklad "O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2019 godu" [State report "On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2019]. 2020, 1000 p. (In Russ.). URL: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/proekt\\_gosudarstvennogo\\_doklada\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchej\\_sredy\\_rossiyskoj\\_federat2019/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchej_sredy_rossiyskoj_federat2019/).

6. Zyryn N.G. Spektral'nyj analiz pochv, rastenij i drugih biologicheskikh ob'ektov [Spectral analysis of soils, plants and other biological objects]. Moscow. 1977. 334 p. (In Russ.).

7. Kopylova L. V. Akkumulyaciya zheleza i marganca v list'yah drevesnyh rastenij v tekhnogennyh rajonah Zabajkal'skogo kraja [The accumulation of iron and manganese in the leaves of woody plants in the technogenic regions of the Trans-Baikal Territory]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN = Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2010;1-3: 709-712. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15624719>.

8. Kuklina A.G. K biologii cveteniya chuzherodnyh vidov *Caragana Arborescens* Lam. i *C. Laeta*. Kom. [On the flowering biology of alien species *Caragana Arborescens* Lam. and *C. Laeta*. Kom.]. *Rossijskij Zhurnal Biologicheskikh Invazij = Russian Journal of Biological Invasions*. 2015;3: 22-38. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25281528>.

9. Nikitenko M.A. Soderzhanie cinka, medi, marganca i zheleza v drevesnyh rasteniyah v usloviyah malogo promyshlennogo goroda (na primere g. Sarapula Udmurtskoj respublik) [The content of zinc, copper, manganese and iron in woody plants in a small industrial city (for example, Sarapul, Udmurt Republic)] «Issledovano v Rossii» elektron. mnogopredm. nauch. zhurn. [Investigated in Russia "electron scientific. zhurn.]. 2007: 180-183. (In Russ.). URL: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01003380232.pdf](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01003380232.pdf).

10. Postteknogennyye ekosistemy Severa / pod red. I.B. Arhegovoj [Post-Technogenic Ecosystems of the North ed. I.B. Arhegova]. 2002, 159 p. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21145061>.

11. Treshhevskaja Je.I. Biologicheskaja produktivnost' drevesnyh porod v nasazhdenijah tehnoennyh landshaftov Kurskoj magnitnoj anomalii [Biological productivity of tree plantations on technogenic landscapes of the

Kursk Magnetic Anomaly]. *Lesotekhnicheskii zhurnal = Forest Engineering Journal*. 2015;3: 122-130. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24927054>.

12. Treshchevskaya S.V. Opyt vyrashchivaniya rekul'tivacionnyh osnovnyh nasazhdenij na narushennyh zemlyah KMA [Experience in growing recultivation pine plantations on disturbed lands of the KMA]. *Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika = Actual directions of scientific research in the XXI century: theory and practice* 2013; 4: 228-232. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20603596>.

13. Ufimcev V.I. Opyt i sovremennoe sostoyanie lesnoj rekul'tivacii v Kuzbasse [Experience and current state of forest reclamation in Kuzbass]. *Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian forest journal*. 2017; 4:12-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29867051>.

14. Chibrik T.S. Biologicheskaya rekul'tivaciya narushennyh promyshlennost'yu zemel' [Biological reclamation of lands disturbed by industry]. Yekaterinburg, 2003, 36 p. (In Russ.). URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28109/1/biolog1.pdf>.

15. Concas A., Ardau C., Cristini A. (et al.) Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. *Chemosphere*. 2006;63: 244-253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.08.024>.

16. Liebenberg D., Claassens S., van Rensburg L. Insights and Lessons Learned from the Long-term Rehabilitation of an Iron ore Mine. *Int. J. Environ. Res.* 2013;7(3): 633-644. DOI: <https://dx.doi.org/10.22059/ijer.2013.643>.

17. Macdonald S., Landhausser S., Skousen J. (et al.) Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015: 703-732. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-015-9506-4>.

18. Treshchevskaya E. I., Tichonova E. N., Golyadkina I. V., Malinina T. A. Soil development processes under different tree species post-mining sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 226. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/011001>.

19. Zamotaev I. V., Ivanov I. V., Mikheev P. V., Belobrov V. P. Transformation and Contamination of Soils in Iron Ore Mining Areas (a Review). *Eurasian Soil Science*. 2017;50(3): 359-372. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229317030127>.

### Сведения об авторах

*Трещевская Элла Игоревна* – доктор с.-х. наук, профессор кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1454-4095>, e-mail: [ehllt@yandex.ru](mailto:ehllt@yandex.ru).

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

✉ *Голядкина Инна Вячеславовна* – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4532-3810>, e-mail: [nina1818@yandex.ru](mailto:nina1818@yandex.ru).

*Трещевская Светлана Викторовна* – кандидат с.-х. наук, преподаватель кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2363-8512>, e-mail: [streshchevskaya@mail.ru](mailto:streshchevskaya@mail.ru).

*Князев Владислав Игоревич* – аспирант кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8,

г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4714-950X>, e-mail: [knyazz599@gmail.com](mailto:knyazz599@gmail.com).

### Information about the authors

*Treshevskaya Ella Igorevna* – Dr. Sci (Agric.), Professor, Silviculture, Selection and Forest melioration Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1454-4095>, e-mail: [ehl1t@yandex.ru](mailto:ehl1t@yandex.ru).

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

✉ *Golyadkina Inna Vyacheslavovna* – 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, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4532-3810>, e-mail: [nina1818@yandex.ru](mailto:nina1818@yandex.ru).

*Treshevskaya Svetlana Viktorovna* – Cand. Sci (Agric.), Lecturer, Landscape Architecture and Soil Science Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2363-8512>, e-mail: [streshchevskaya@mail.ru](mailto:streshchevskaya@mail.ru).

*Knyazev Vladislav Igorevich* – Post-graduate student, Silviculture, Selection and Forest melioration Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4714-950X>, e-mail: [knyazz599@gmail.com](mailto:knyazz599@gmail.com).

✉- Для контактов/Corresponding author