

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПРЕДКАМЬЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А.Р. Мухаметшина[✉], Х.Г. Мусин, Н.И. Мирсияпов,
Р.Р. Сибгатуллина, В.И. Чернов

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65

aigulsafina@yandex.ru

Приведены результаты обследования состояния защитных лесных насаждений в Предкамье Республики Татарстан. Оценка состояния проведена методом сплошного пересчета, определения таксационных показателей и категории состояния деревьев на пробных площадях в соответствии с нормативными документами. Всего заложено и обследовано 20 пробных площадей на территории Сабинского, Арского, Атнинского муниципальных районах. Установлено, что по лесоводственно-таксационным показателям средний возраст обследованных насаждений — 48 лет, полнота в пределах от 0,5 до 0,9, бонитет в пределах от I до II. По санитарному состоянию на участках выявлены деревья 1-й и 2-й категорий, на которых рекомендуется проведение лесохозяйственных мероприятий: проведение санитарных рубок, мероприятия по содействию естественному возобновлению. Оценка деревьев на пробных площадях показывает, что защитные лесные насаждения выполняют свои функции, замедляют эрозию и повышают плодородие почв, за счет накопления растительного опада, в частности мягколиственных пород. Рассчитаны для каждого участка объемы среднего прироста стволовой древесины и депонирования углерода. Наибольший объем депонирования выявлен в смешанных по составу насаждениях березы и сосны, тополя. Указано, что перспективным видом в связывании углерода является тополь (*Populus*). Данная порода выявлена в составе двух пробных площадей. По лесоводственно-таксационным характеристикам насаждения отнесены к II классу бонитета. На данных участках рекомендовано проведение санитарных рубок. Объем депонирования углерода на этих площадях установлен 3,17 и 1,90 т/га в год. На участках зафиксировано естественное возобновление основными лесообразующими породами Республики Татарстан — дубом черешчатым, березой повислой, сосной обыкновенной и кленом остролистным. Жизнеспособный подрост способствует формированию устойчивых смешанных по составу, разновозрастных, сложных по структуре защитных лесных насаждений.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, почвенная эрозия, серые лесные почвы, углеродное депонирование

Ссылка для цитирования: Мухаметшина А.Р., Мусин Х.Г., Мирсияпов Н.И., Сибгатуллина Р.Р., Чернов В.И. Оценка состояния защитных лесных насаждений в Предкамье Республики Татарстан // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 6. С. 5–17. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-6-5-17

Создание защитных лесных насаждений обеспечивает многофункциональную и долговременную защиту почв от эрозии. Под влиянием почвенной и ветровой эрозии незащищенные почвы утрачивают плодородие и выбывают из сельскохозяйственного оборота [1]. За счет созданных насаждений обогащается видовое разнообразие, улучшаются экологические условия сельскохозяйственных земель [2, 3]. Они оказывают длительное воздействие на физико-химические показатели и свойства смытых почв, восстанавливают утраченное плодородие [4]. Защитные лесные полосы на сельскохозяйственных землях образуют каркас противозерозионной защиты, и от их расположения в рельефе в большой степени зависит эффективность лесомелиоративного комплекса в целом [5–7]. При наличии взаимосвязанной системы лесомелиоративных насаждений урожайность сельскохозяйственных культур

повышается на 8...18%. В среднем влияние 1 га лесных насаждений распространяется на 10–12 га прилегающих полей. По данным А.И. Петелько [8] научно обоснованная потребность в лесных насаждениях в стране составляет 14 млн га, а имеется всего 3,2 млн га. Разработана стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации до 2025 г., которая направлена на создание завершённой системы мелиоративных защитных лесных насаждений как обязательной составляющей общегосударственных и иных программ по сохранению окружающей среды, повышению эффективности плодородия, обеспечению экологической и продовольственной безопасности страны, снижению уровня дискомфорта в местах работы и проживания людей [9]. К настоящему времени сельскохозяйственной наукой разработаны и внедрены принципы адаптивно-ландшафтного земледелия, важнейшим из которых является применение комплекса противодеградационных мероприятий: организационно-хозяйственных,

лесомелиоративных, агротехнических, лугомелиоративных, гидротехнических и др. Каркасом адаптивно-ландшафтного земледелия являются системы защитных лесных насаждений [10–14].

Исключительно значение лесонасаждений в депонировании углерода. Леса, расположенные на сельскохозяйственных землях, существенно поглощают парниковые газы. На площади 1 га лес на землях лесного фонда способен в среднем поглотить около 1 т парниковых газов в год, защитные и противоэрозионные леса на сельскохозяйственных землях — в 7 раз больше — около 7 т в год. При этом, по разным оценкам, от 40 до 90 млн га сельскохозяйственных земель в России заросли лесом, который пока никак не учитывается в национальной статистике поглощения парниковых газов по причине того, что они не относятся к управляемым лесам [15]. Это примерно 26 млн т накопления углерода ежегодно [16, 17]. Перспективным направлением считается увеличение продуктивности почвы этих земель за счет ведения карбонового земледелия и применения современных методов биотехнологий и селекции.

Для эффективного функционирования существующих лесных насаждений необходимо провести оценку их современного состояния и разработать мероприятия по их поддержанию, что относится к актуальным направлениям исследований в Предкамье Республики Татарстан.

Цель работы

Цель работы — обследование защитных лесных насаждений и их оценка на серых лесных и дерново-подзолистых почвах в Предкамье Республики Татарстан.

Объекты и методика исследования

Объектом исследования послужили защитные лесные насаждения, произрастающие в Предкамье Республики Татарстан. Пробные площади (ПП) закладывались в соответствии с ОСТ 56-69–83 [18]. На каждой ПП проводились глазомерные и инструментальные измерения с помощью высотомера, полнотомера и мерной вилки. При выполнении работ руководствовались: правилами санитарной безопасности в лесах, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 г. № 2047; приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 910 «Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования» [20, 21]. Всего исследовано 20 ПП методом поперечного пересчета по ступеням толщины с градацией 2 см и присвоением каждому дереву категории состояния [18]. В ходе исследований измерено и обследовано 2000 деревьев.

На ПП длиной 100 м выполнена оценка деревьев по следующим показателям:

- пересчету количества деревьев;
- диаметру ствола, измеренному с помощью мерной вилки на высоте 1,3 м от поверхности земли;
- высоте, определенной высотомером Данилина;
- визуально описанной естественной растительности.

Для этого подобрали участки насаждений разных возрастов.

В целях определения объема депонирования углерода рассчитали ежегодный запас ствольной древесины. Полученные данные прироста использовали при вычислении фракций фитомассы и количества депонированного за год углерода [19].

Результаты и обсуждение

Сохранение и рациональное использование земель — одно из основных условий обеспечения стабильного развития агропромышленного комплекса Республики Татарстан. За период 2010–2020 гг. площадь сельскохозяйственных земель, подверженных эрозии, увеличилась. Высокая степень распаханности сельскохозяйственных угодий наблюдается в Арском и Балтасинском районах — 85–86 %. В среднем по региону этот показатель составляет 77,0 %. Наибольшая распаханность отмечается в Предволжье — 34,7 % и Предкамье 30,6 %.

Наиболее ярко выраженная форма водной эрозии — это оврагообразование. Количество действующих вершин оврагов составляет около 20 тыс., длина их 27,4 тыс. км. За последние 40 лет (1980–2020 гг.) протяженность оврагов возросла более чем на 10 тыс. км.

Кабинетом министров Республики Татарстан 12 марта 1997 г. было принято и утверждено постановление № 216 «О комплексной программе повышения плодородия почв и защиты их от эрозии в Республике Татарстан на 1997–2005 гг.» (далее — Программа), в которой предусмотрено проведение комплекса противоэрозионных мероприятий. В соответствии с Программой посажено 7,8 тыс. га защитных лесных насаждений [22]. На начало 2024 г. большинство защитных лесных полос пребывает в запущенном состоянии, подвергается болезням и постепенно отмирает. Таким образом, назрела необходимость проведения комплекса лесохозяйственных мер по сохранению и обновлению систем полезащитных лесополос [23–25].

Особое внимание следует уделить защитному лесоразведению в целях предотвращения водной и ветровой эрозии почв, повышения продуктивности земель сельскохозяйственного назначения, защиты населенных пунктов, предприятий и дру-



Рис. 1. Объем защитного лесоразведения в 2022 г., га
Fig. 1. Volume of protective afforestation in 2022, ha

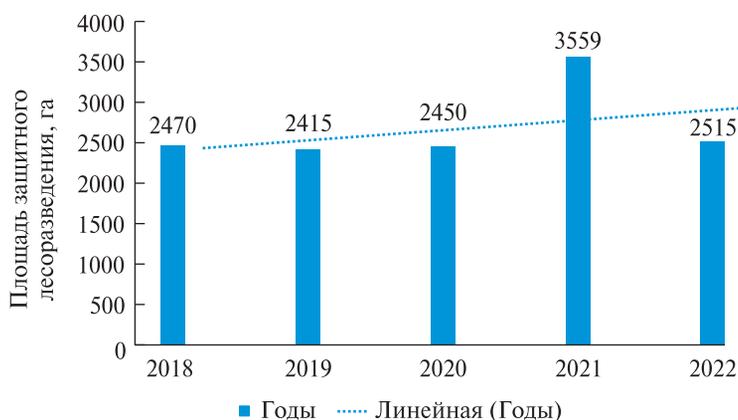


Рис. 2. Защитное лесоразведение за период 2018–2022 гг.
Fig. 2. Protective afforestation for the period 2018–2022

гих объектов от неблагоприятных природных явлений и техногенных воздействий. По данным Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан в 2022 г. заложены защитные лесные насаждения на площади 1801 га, из которых овражно-балочные участки занимают 1763 га, в том числе с террасированием — 645 га, и полезащитные лесополосы — 38 га. Созданы защитные лесные насаждения в Азнакаевском муниципальном районе в рамках реализации климатических проектов на площади 600 га и в населенных пунктах — 114 га компенсационного лесовосстановления и лесоразведения (рис. 1).

Объем защитного лесоразведения за последние пять лет указан на рис. 2.

Леса переводят поверхностный сток во внутрипочвенный, сокращают потери почвенной влаги и предохраняют почву от эрозии [27]. Оценка состояния защитных лесных насаждений проводилась в Сабинском, Арском, Атнинском муниципальных районах Предкамья Республики Татарстан. Территориально зона исследований расположена на водосборном бассейне рек волжского склона, текущих параллельно, одна другой с северо-востока

на юго-запад — реки Ашит, Казанка и Меша. Здесь господствуют такие природные явления, как сильный смыл, размыв и оврагообразование, площадь смытых почв составляет 66 %, эрозионно опасных земель — 15,5 %. Плодородие почв уменьшается по мере увеличения смытости [33]. Наиболее распространены светло-серые лесные и дерново-подзолистые почвы, в частности на водораздельных плато и верхних частях склонов. Встречаются серые, темно-серые лесные и дерновые почвы. Водная эрозия проявляется во всех почвенных зонах.

В Республике Татарстан водная эрозия получила наибольшее распространение в зоне серых лесных почв, в подзоне дерново-подзолистых почв [29]. Серые лесные почвы потенциально плодородны, однако при вовлечении в сельскохозяйственный оборот их свойства резко ухудшаются, и тогда для рационального использования требуется разработка индивидуальных мероприятий по расширенному воспроизводству плодородия [30, 31]. В условиях подзолистых почв на суглинистых и глинистых отложениях могут развиваться высокопроизводительные сосновые леса.

В связи с неблагоприятными свойствами верхних горизонтов подзолистой почвы поставлен вопрос о возможности их улучшения [32]. В лесном хозяйстве большое внимание привлекает биологический способ улучшения почвенных условий путем введения в состав насаждений почвоулучшающих древесных пород и кустарников, а также в результате обогащения почвы питательными веществами в результате опада растительности. По литературным данным [27], опад березовых насаждений оказывает более благоприятное воздействие, чем опад сосны и ели. В зоне смешанных и широколиственных лесов особого внимания заслуживает липа, благодаря своим листьям, которые отличаются высоким содержанием азота, фосфора и калия. Из кустарников привлекательна акация вследствие аккумуляции атмосферного азота. Создание смешанных насаждений является одним из эффективных мероприятий, направленных на повышение плодородия почвы и устойчивости насаждений. По данным А.Х. Газизуллина [33], введение лиственных пород и кустарников в состав хвойных насаждений улучшает условия разложения растительного опада и, соответственно питание, что способствует росту и продуктивности насаждений [34].

Сопоставление запасов биомассы показывает, какое влияние на продуктивность растительных формаций оказывают почвенные и климатические условия. Плодородие лесных почв может быть определено по следующим показателям [35]:

- по биологической продуктивности насаждения на единицу площади (1 га) за определенный период времени;

- приросту запаса древесины в метрах кубических на 1 га в год;

- общему запасу древесины (общей продуктивности с учетом отпада и древесины, изъятая при рубках ухода) в тех же единицах при полноте 1,0;

- классу бонитета древостоя как показателю продуктивности леса, зависящей от условий местопроизрастания, преимущественно от климатических факторов и лесорастительных свойств почв.

Результаты обследования и лесоводственно-таксационная характеристика насаждений на ПП приведены в табл. 1.

ПП 1 — смешанная по составу придорожная лесополоса. Смешение в ряду 8Е×4Лц×8Е×4Лц. 5-рядная, ширина междурядий 2,5 м, в ряду — 1,3 м. Состав насаждений: 7Е3Лц. Таксационные показатели: средний диаметр ствола ели (d_{cp}) $d_{cp} = 12$ см, средняя высота (h_{cp}) $h_{cp} = 8$ м, лиственницы — $d_{cp} = 14$, $h_{cp} = 10$ м. Введенная в состав лиственница образует куртинность, где под пологом быстрее формируется лесная среда за счет

опада хвои. Расположена на расстоянии 25 м от дороги. По санитарному состоянию преобладают деревья 1-й категории — 90 % (без признаков повреждений). На данном участке ослабленные деревья составили 10 %, имеются незначительные механические повреждения.

ПП 2 — смешанная по составу придорожная лесополоса 6-рядная Е×Б×Е×Е×Б×Б, ширина междурядий 2 м, в ряду — 1,3 м. Состав насаждений 5Е5Б. Таксационные показатели березы — $d_{cp} = 18$, $h_{cp} = 16$ м, ели — $d_{cp} = 10$, $h_{cp} = 6$ м. Лесополоса расположена на расстоянии 25 м от дороги. Медленнорастущая порода ель европейская отстает в росте от березы повислой. На лесополосе преобладают деревья 1-й категории — 95 %, ослабленные 2-й категории составили 5,0 %.

ПП 3 — чистая по составу придорожная лесополоса, 5-рядная, ширина междурядий 2 м, в ряду — 1,3 м. Состав насаждений: 10С. Таксационные показатели: $d_{cp} = 22$, $h_{cp} = 20$ м. Лесополоса расположена в 30 м от дороги. На участке самосев сосны обыкновенной разного возраста — от 3 до 8 лет. В целях формирования устойчивого разновозрастного насаждения целесообразны мероприятия по содействию естественному возобновлению, в частности проведение минерализованных полос. Ослабленные деревья сосны (2-я категория) составили 35,0 %. Ухудшение состояния насаждений, на наш взгляд, происходит в связи с близким расположением к дорожному полотну.

ПП 4 — смешанная по составу придорожная лесополоса, старовозрастная 6-рядная. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Таксационные показатели: $d_{cp} = 26$, $h_{cp} = 22$ м. Состав насаждений: 8Б1С1Е + кустарник акация желтая. Проведена реконструкция Б×Е×Б×С×Б×Б×Б. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 95 %.

ПП 5 — чистая по составу полезащитная лесополоса, старовозрастная 8-рядная, ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав насаждений: 10Т. Таксационные показатели: $d_{cp} = 32$, $h_{cp} = 24$ м. Толщина лесной подстилки до 25 см. Образовалась лесная среда. Естественное возобновление происходит за счет осины, клена остролистного, липы мелколистной, березы повислой, дуба черешчатого, тополя порослевого происхождения. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 65 % и 3-й категории сильно ослабленные — 35,0 %. Требуется проведение санитарных рубок с уборкой фауных деревьев.

ПП 6 — чистая по составу полезащитная лесополоса, 6-рядная. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав: 10Б. Таксационные показатели: $d_{cp} = 32$, $h_{cp} = 26$ м. Образовалась лесная среда, присутствуют характерные лесные растения.

Характеристика насаждений на серых лесных и дерново-подзолистых почвах

Characteristics of plantations on grey forest and sod-podzolic soils

Номер пробной площади	Состав насаждений	Порода	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Бонитет	Полнота	Площадь, га
ПП 1	7ЕЗЛц	Ель европейская Лиственница сибирская	30	8 10	12 14	Ia	0,8	3,5
ПП 2	7БЗЕ	Береза повислая Ель европейская	30	16 6	18 10	Ia	0,8	5,8
ПП 3	10С	Сосна обыкновенная	54	20	22	I	0,6	4,5
ПП 4	8Б1С1Е	Береза повислая	60	22	26	IIa	0,6	5
ПП 5	10Т	Тополь белый	50	24	32	II	0,6	3,0
ПП 6	10Б	Береза повислая	65	23	32	I	0,6	5,3
ПП 7	9С1Б	Сосна обыкновенная Береза повислая	50 15	22 10	24 18	I	0,7	7,2
ПП 8	9С1Б	Сосна обыкновенная Береза повислая	50 15	22 10	32 16	I	0,5	7,0
ПП 9	10Б	Береза повислая	50	22	28	Ia	0,6	
ПП 10	10Б	Береза повислая	60	20	22	Ia	0,6	4,0
ПП 11	6С4Е	Ель европейская Сосна обыкновенная	35	10 12	8 10	I	0,9	8,0
ПП 12	10Б	Береза повислая	80	24	36	Ia	0,6	2,7
ПП 13	8Е1Б1С	Ель европейская Береза повислая Сосна обыкновенная	40	10	12	I	0,8	2,65
ПП 14	10Е	Ель европейская	40	11	12	I	0,8	8,5
ПП 15	10Б	Береза повислая	60	22	36	Ia	0,6	2,2
ПП16	10Б	Береза повислая	60	22	32	Ia	0,6	7,3
ПП 17	10Ос	Тополь дрожащий	60	21	28	II	0,6	1,9
ПП 18	10Б	Береза повислая	60	21	28	Ia	0,6	2,2
ПП 19	5Б5С	Береза повислая Сосна обыкновенная	60	21 24	32 28	Ia	0,7	7,2
ПП 20	8Т2Б	Тополь Береза повислая	50	22 23	32 28	II	0,6	2,9

Состояние насаждений удовлетворительное. Обнаружены единичные взрослые имаго шелкопряда. Кладки не обнаружены. Естественное возобновление происходит за счет березы повислой, дуба черешчатого, клена остролистного. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 70,0 % и 2-й категории — ослабленные — 30,0 %. Требуется проведение санитарных рубок с уборкой фауных деревьев и содействие естественному возобновлению.

ПП 7 — смешанная по составу полезащитная лесополоса (рис. 3). Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав насаждений: 8С2Б. Таксационные показатели сосны обыкновенной: $d_{cp} = 24$, $h_{cp} = 22$ м. Береза отстает в росте. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 18$, $h_{cp} = 10$ м. Состояние насаждений удовлетворительное, преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 80 %. Естественное возобновление происходит за счет березы повислой, дуба черешчатого. Необходимо проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению.



Рис. 3. Пробная площадь 7

Fig. 3. Trial plot 7

ПП 8 — смешанная по составу полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав насаждений: 8С2Б. Таксационные показатели сосны обыкновенной: $d_{cp} = 32$, $h_{cp} = 22$ м.

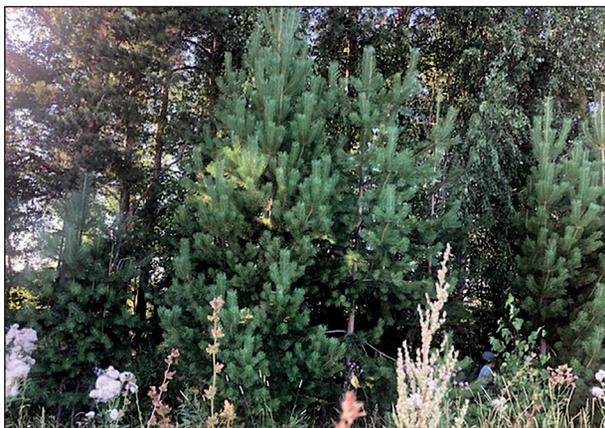


Рис. 4. Пробная площадь 8
Fig. 4. Trial plot 8

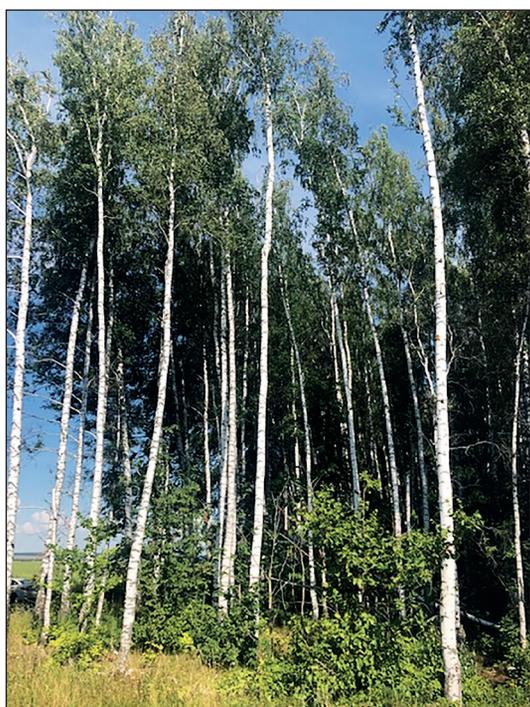


Рис. 5. Пробная площадь 10
Fig. 5. Trial plot 10



Рис. 6. Пробная площадь 12
Fig. 6. Trial plot 12

Береза повислая отстает в росте. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 10$, $h_{cp} = 16$ м. Состояние насаждений удовлетворительное, преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 75,0 %. Естественное возобновление происходит за счет сосны обыкновенной, березы повислой, дуба черешчатого (рис. 4). Необходимо проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению.

ПП 9 — чистая по составу полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 3 м. Состав насаждений: 10Б. Таксационные показатели сосны обыкновенной: $d_{cp} = 22$, $h_{cp} = 28$ м. Состояние насаждений удовлетворительное, преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 85,0 %. Самосев сосны обыкновенной, березы повислой, дуба черешчатого. Необходимо проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению.

ПП 10 — чистая по составу полезащитная лесополоса, ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м (рис. 5). Состав насаждений: 10Б. Таксационные показатели березы повислой $d_{cp} = 22$, $h_{cp} = 20$ м. Состояние насаждений удовлетворительное, преобладают деревья 2-й категории — ослабленные — 92,0 %. Практически на всех учтенных деревьях обнаружены яйцекладки непарного шелкопряда. На деревьях 5-й, 6-й категорий также обнаружены плодовые тела настоящего трутовика. Естественное возобновление происходит за счет клена остролистного, дуба черешчатого и липы мелколистной. Необходимо проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению.

ПП 11 — смешанная по составу придорожная лесополоса, ширина междурядий 2 м, в ряду — 1 м. Состав: 6С4Е. Таксационные показатели ели европейской: $d_{cp} = 8$, $h_{cp} = 10$ м. Таксационные показатели сосны обыкновенной: $d_{cp} = 10$, $h_{cp} = 12$ м. Состояние насаждений удовлетворительное. Повреждения носят локальный характер, в частности вдоль дороги отмечается наличие пожелтевшей хвои, идет усыхание сосны. Присутствуют деревья 5-й, 6-й категорий. Естественное возобновление происходит за счет березы повислой. Живой напочвенный покров (ЖНП) не образован, подстилка в виде опавшей хвои.

ПП 12 — чистая по составу полезащитная лесополоса, ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м (рис. 6). Состав: 10Б. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 36$, $h_{cp} = 24$ м. Состояние насаждений удовлетворительное, преобладают деревья 2-й категории — ослабленные — 75,0 %. Лесная среда образована. Практически на всех учтенных деревьях обнаружены яйцекладки непарного шелкопряда. На деревьях 5-й, 6-й категорий также обнаружены плодовые тела настоящего трутовика. Естественное возобновление происходит

Таблица 2

Окончание табл. 2

Объем депонированного углерода в лесных насаждениях по преобладающим породам на пробных площадях

Amount of carbon sequestration in forest plantations by dominant species in trial plots

Древесная порода	Площадь, га	Общий запас, м ³	Общая фитомасса, т	Запас углерода, т
ПП 1				
Ель	3,5	171,5	77,17	38,59
Лиственница		80,5	53,13	26,57
Итого		252,0	130,3	65,16
ПП 2				
Ель	5,8	214,6	96,57	48,29
Береза		545,2	354,38	177,19
Итого		759,8	450,95	225,48
ПП 3				
Сосна	4,5	832,5	416,2	208,1
ПП 4				
Береза	5,0	700,0	455,0	227,5
Сосна		70,0	35,0	17,5
Ель		45,0	20,25	10,13
Итого		815	510,25	255,13
ПП 5				
Тополь	3,0	705,0	317,2	158,6
ПП 6				
Береза	5,3	869,2	564,98	282,49
ПП 7				
Сосна	7,2	1180,8	590,4	295,2
Береза		302,4	196,56	98,28
Итого		1483,2	786,96	393,48
ПП 8				
Сосна	7,0	1358,0	679	339,5
Береза		238,0	154,7	77,35
Итого		1596	833,7	416,85
ПП 9				
Береза	1,0	147,0	95,55	47,77
ПП 10				
Береза	4,0	496,0	322,4	161,2
ПП 11				
Ель	8,0	360	162,0	81,0
Сосна		480,0	240	120,0
Итого		992	470,4	235,2
ПП 12				
Береза	2,7	523,8	340,47	170,23
ПП 13				
Ель	2,65	108,6	48,9	24,4
Береза		18,6	12,6	6,0
Сосна		10,2	5,1	2,5
Итого		137,4	66,6	32,9
ПП 14				
Ель	8,5	459,3	206,7	103,3
ПП 15				
Береза	2,2	378,4	245,96	122,98

Древесная порода	Площадь, га	Общий запас, м ³	Общая фитомасса, т	Запас углерода, т
ПП 16				
Береза	7,3	1116,9	725,98	362,99
ПП 17				
Тополь	1,9	362,9	181,45	90,73
ПП 18				
Береза	2,2	345,4	224,51	112,26
ПП 19				
Береза	7,2	733,6	476,84	238,42
Сосна		702,5	351,25	175,63
Итого		1436,1	828,09	414,05
ПП 20				
Тополь	2,9	426,3	191,83	95,92
Береза		118,9	77,28	38,64
Итого		545,2	269,11	134,56

за счет клена, липы, березы. Требуется проведение лесохозяйственных мероприятий с сохранением естественного возобновления.

ПП 13 — смешанная по составу полезащитная лесополоса Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав:8Е1Б1С. Таксационные показатели $d_{cp} = 12$, $h_{cp} = 10$ м. Состояние насаждений удовлетворительное, преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 85,0 %.

ПП 14 — чистые по составу приовражные защитные лесные насаждения. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав:10Е. Таксационные показатели ели европейской: $d_{cp} = 12$, $h_{cp} = 11$ м. Наблюдается внутривидовая конкуренция, отсутствует проведение лесоводственных мероприятий (рубок ухода). Незначительное количество деревьев повреждено короедом-типографом (до 5,0 %).

ПП 15 — чистая по составу полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 2 м. Состав: 10Б. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 36$, $h_{cp} = 22$ м. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 85,0 %.

ПП 16 — чистая по составу приовражная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 2 м. Состав: 10 Б. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 32$, $h_{cp} = 22$ м. Возраст 60 лет. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 74,0 %. Единичные деревья 6-й категории — старый сухостой.

ПП 17 — чистая по составу полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав насаждений: 10Ос. Таксационные показатели осины: $d_{cp} = 28$, $h_{cp} = 21$ м. Возраст 60 лет. Преобладают деревья 2-й категории — ослабленные — 85,0 %. Встречаются деревья 6-й категории — старый сухостой. Необходимо проведение санитарных рубок.

Т а б л и ц а 3

**Ежегодные объемы среднего прироста стволовой древесины
и депонирования углерода на пробных площадях**

**Annual volumes of average trunk timber growth
and carbon sequestration in sample plots**

Древесная порода	Прирост по запасу		Прирост фитомассы		Депонирование углерода	
	м ³ /год	м ³ /га·год	т/год	т/га·год	т/год	т/га·год
ПП 1						
Ель	5,72	1,63	2,57	0,73	1,29	0,37
Лиственница	2,68	0,77	1,77	0,51	0,89	0,25
ПП 2						
Ель	7,15	1,23	3,22	0,56	1,61	0,28
Береза	18,17	3,13	11,81	2,04	5,91	1,02
ПП 3						
Сосна	15,4	3,4	7,7	1,7	3,85	0,85
ПП 4						
Береза	11,66	2,33	7,58	1,52	3,79	0,76
Сосна	1,16	0,23	0,58	0,12	0,29	0,06
Ель	0,75	0,15	0,34	0,07	0,17	0,03
ПП 5						
Тополь	14,1	4,7	6,34	2,1	3,17	1,05
ПП 6						
Береза	13,37	2,52	8,69	1,64	4,35	0,82
ПП 7						
Сосна	23,6	3,3	11,8	1,6	5,9	0,8
Береза	20,16	2,8	13,10	1,82	6,55	0,91
ПП 8						
Сосна	27,16	3,39	13,58	1,94	6,79	0,97
Береза	9,2	1,31	10,31	1,47	5,16	0,74
ПП 9						
Береза	2,94	2,94	1,91	1,91	0,96	0,96
ПП 10						
Береза	8,26	2,07	5,37	1,34	2,69	0,67
ПП 11						
Ель	10,2	1,2	4,6	0,81	0,6	0,3
Сосна	19,2	2,4	9,60	1,20	4,80	0,60
ПП 12						
Береза	6,55	2,43	4,26	1,58	2,13	0,79
ПП 13						
Ель	2,7	1,0	1,2	0,5	0,6	0,2
Береза	0,5	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1
Сосна	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
ПП 14						
Ель	11,5	1,4	5,2	2,0	2,6	1,0
ПП 15						
Береза	6,31	2,86	4,10	1,86	2,05	0,93
ПП 16						
Береза	18,62	2,55	12,10	1,66	6,05	0,83
ПП 17						
Осина	6,05	3,18	3,02	1,59	1,51	0,80
ПП 18						
Береза	5,76	2,62	3,74	1,70	1,87	0,85
ПП 19						
Береза	12,23	1,69	7,95	1,10	3,97	0,55
Сосна	11,71	1,63	5,85	0,81	2,93	0,41
ПП 20						
Тополь	8,5	2,9	3,8	1,3	1,90	0,65
Береза	1,98	0,68	1,29	0,44	0,64	0,22

ПП 18 — чистая полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 2,0 м. Состав насаждений: 10Б. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 28$, $h_{cp} = 21$ м. Возраст 60 лет. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 85,0 %.

ПП 19 — смешанная по составу полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав: 5Б5С. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 32$, $h_{cp} = 21$ м. Возраст 60 лет. Таксационные показатели сосны обыкновенной: $d_{cp} = 28$, $h_{cp} = 24$ м. Преобладают деревья 1-й категории — без признаков ослабления — 80,0 %.

ПП 20 — смешанная по составу полезащитная лесополоса. Ширина междурядий 3 м, в ряду — 1,5 м. Состав насаждений: 8Т2Б. Таксационные показатели тополя: $d_{cp} = 32$, $h_{cp} = 22$ м. Возраст 60 лет. Таксационные показатели березы повислой: $d_{cp} = 28$, $h_{cp} = 23$ м. Преобладают деревья 2-й категории — ослабленные — 85,0 %. В незначительном количестве присутствуют деревья 5-й, 6-й категорий. Необходимо проведение лесохозяйственных мероприятий.

Сопоставление запасов биомассы показывает, какое влияние на продуктивность растительных формаций оказывают почвенные и климатические условия. С переходом от северной тайги к средней и южной, а затем к лесостепи (дубравы) биомасса значительно возрастает. Изменяются также величины опада и прироста. Запас лесной подстилки в хвойных лесах более или менее одинаков, в лесостепи резко снижается. Круговорот азота и особенно минеральных элементов (потребление, возврат и накопление в насаждениях) растет от северных лесов к лесостепи.

Запасы углерода и темпы его депонирования в лесных экосистемах зависят от продуктивности лесов, их состояния, породного состава, возрастной и товарной структуры. На всех обследованных пробных площадях наибольшее количество запаса углерода сосредоточено на ПП 7, ПП 8 и ПП 19 — 786,96, 833,7 и 828,09 т соответственно. Это смешанные по составу насаждения сосны и березы (табл. 2).

По результатам обследования рассчитаны ежегодные объемы среднего прироста стволовой древесины и депонирования углерода на пробных площадях (табл. 3).

По литературным данным [4], перспективным видом в связывании углерода является тополь (*Populus*), произрастающий в условиях северного и континентального климата. Распространен на части территории России, встречается во многих российских городах. Имеет относительно высокий потенциал секвестрации углерода — 1,8...6,35 т CO_2 — экв./га в год, высокие темпы роста — 1,524...3,6 м/год, короткий продуктив-

ный цикл — 10...15 лет. Из всех 20 обследованных участков в составе двух присутствует тополь (ПП 5 и ПП 20). По лесоводственно-таксационным характеристикам насаждения отнесены к II классу бонитета. На данных участках необходимо проведение санитарных рубок. Объем депонирования углерода на этих площадях составил 3,17 и 1,90 т/га в год.

Выводы

1. Обследованные защитные лесные насаждения на дерново-подзолистых и серых лесных почвах находятся в удовлетворительном состоянии.

2. По лесоводственно-таксационным показателям средний возраст обследованных насаждений составляет 48 лет, полнота в пределах от 0,5 до 0,9, бонитет в пределах от I до II.

3. По санитарному состоянию преобладают деревья 1-й и 2-й категорий, на некоторых участках требуется проведение лесохозяйственных мероприятий.

4. Под пологом насаждений идет естественное возобновление дубом черешчатым, который является коренной породой Предкамья Республики Татарстан, и березой повислой, сосной обыкновенной, кленом остролистным.

5. Созданные защитные лесные насаждения выполняют свои функции, замедляют эрозию и повышают плодородие почв.

6. На участках с жизнеспособным подростом целесообразно проведение лесохозяйственных мероприятий, направленных на содействие и сохранение естественного возобновления хозяйственно ценными породами. Сохранение подростка способствует дальнейшему формированию устойчивых смешанных по составу разновозрастных сложных по структуре защитных лесных насаждений.

7. Наибольший объем депонирования выявлен в смешанных по составу насаждениях березы и сосны, тополя.

Список литературы

- [1] Петелько А.И., Новиков Н.Е. Защитное лесоразведение // Вестник АПК Ставрополя, 2014. № 3 (15). С. 175–176.
- [2] Сучков Д.К. Роль и экономическая эффективность защитных лесных насаждений в восстановлении и преобразовании ландшафтов // Научно-агрономический журнал, 2018. № 1(102). С. 20–23.
- [3] Ерусалимский В.И., Рожков В.А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева, 2017. № 88. С. 121–137.
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-121-137>
- [4] Петелько А.И. Восстановление плодородия смытых почв // Природообустройство. 2017. № 1. С. 94–100. DOI: 10.26897/1997-6011-2017-1-94-100

- [5] Zhang S.T., Zhang J.Z., Liu Y., Liu Y.C. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics // *Hydrology research*, 2018, v. 49, iss. 6, pp. 1991–2001.
- [6] Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: Изд-во ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
- [7] Барабанов А.Т., Петелько А.И., Кулик А.В., Выпова А.В. Новая технология размещения стокорегулирующих лесных полос на склоновых землях // *Известия НВ АУК*, 2019. № 2 (54). С. 119–126.
- [8] Петелько А.И., Новиков Н.Е. Защитное лесоразведение // *Вестник АПК Ставрополя*, 2014. № 3(15). С. 175–178.
- [9] Кулик К.Н. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации до 2025 года // *Вестник сельскохозяйственного конструирования*, 2015. № 3. С. 5–11.
- [10] Проездов П.Н., Маштаков Д.А., Панфилов А.В. Теоретическое обоснование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агролесомелиорации в степной и сухостепной зонах Поволжья // *Нива Поволжья*, 2017. № 2 (43). С. 42–48.
- [11] Кулик К.Н. Развитие агролесомелиоративной науки в России // *Известия НВ АУК*, 2014. № 3 (35). С. 12–18.
- [12] Кулик К.Н., Барабанов А.Т., Манаенков А.С. Прогноз развития защитного лесоразведения в России до 2020 года // *Проблемы прогнозирования*, 2015. № 4. С. 48–57.
- [13] Кулик К.Н. Защитное лесоразведение в РФ: проблемы и стратегия развития до 2020 г. // *Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса*, 2009. № 1. С. 10–16.
- [14] Вольнов В.В., Бойко А.В. Комплекс мелиоративных мероприятий в адаптивно-ландшафтном земледелии // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2015. № 4 (126). С. 35–40.
- [15] Иванов А.Ю. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России / под ред. А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова. М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2021. 120 с.
- [16] Сергиенко В.Г. Влияние ожидаемого изменения климата на баланс углерода и продуктивность экосистем в лесном секторе Российской Федерации // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*, 2018. № 1. С. 74–90.
- [17] Лакида П.И. Запасы углерода в фитомассе лесных фитонематов Национального парка «Припять — Стоход» // *Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 77. Гомель: Изд-во Института леса НАН Беларуси*, 2017. С. 99–107.
- [18] ОСТ 56–69–83 «Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки». М.: ЦБМТлесхоз, 1984. 10 с.
- [19] Романов Е.М., Нуреева Т.В., Мифтахов Т.Ф., Пуряев А.С. Экологическая и сырьевая роль лесов Республики Татарстан // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*, 2015. № 2. С. 5–18.
- [20] Постановление Правительства Российской Федерации от 09 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения 25.01.2023).
- [21] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 910 «Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140196> (дата обращения 25.01.2023).
- [22] Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 12 марта 1997 г. № 216 «О Комплексной программе повышения плодородия почв и защиты их от эрозии в Республике Татарстан на 1997–2005 годы». URL: <https://docs.cntd.ru/document/917007355> (дата обращения 25.01.2023).
- [23] Мухаметшина А.Р., Петрова Г.А., Мусин Х.Г., Тагиев И.Р. Анализ состояния агролесоландшафтов Республики Татарстан и пути их восстановления // *Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: Матер. Междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 09–11 февраля 2022 года. Т. 1. Волгоград: Изд-во Волгоградского государственного аграрного университета*, 2022. С. 421–426.
- [24] Мухаметшин З.А., Мухаметханова Г.З. Защитное лесоразведение в условиях Республики Татарстан // *Студенческая наука — аграрному производству: Матер. 80-й студ. (регион.) научн. конф., Казань, 08–09 февраля 2022 года. Т. 3. Казань: Изд-во Казанского государственного аграрного университета*, 2022. С. 87–91.
- [25] Мухаметшина А.Р., Мусин Х.Г. Оценка состояния защитных насаждений на овражно-балочных землях // *Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: междунар. опыт для Республики Татарстан: сб. трудов по материалам «круглого стола» в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Казань, 24–25 февраля 2022 года. Казань: Изд-во Казанского ГАУ*, 2022. С. 191–197.
- [26] Мухаметшина А.Р., Мусин Х.Г., Сабирова Р.Р., Тагиев И.Р. Облесение крутых склонов посевом желудей дуба черешчатого без нарушения существующего ландшафта // *Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: науч. тр. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., посвященной памяти проф. А.П. Мартьянова, Казань, 27–28 октября 2022 года. Казань: Изд-во Казанского государственного аграрного университета*, 2022. С. 757–761.
- [27] Зайцев Б.Д. Почвоведение. М.: Лесная пром-сть, 1965. С. 367.
- [28] Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Людкевич Е.И. Эрозионные процессы в природно-антропогенных геосистемах южной тайги Западно-Сибирской равнины и их геоэкологические аспекты // *Геология. Гидрогеология. Геоэкология*, 2014. № 5. С. 442–449.
- [29] Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / под ред. О.П. Ермолаева. Казань: Слово, 2007. 441 с.
- [30] Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1990. 285 с.
- [31] Еремин Д.И., Груздева Н.А. Агрогенные изменения плотности серых лесных почв в Северном Зауралье // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, 2017. Т. 47. № 5. С. 13–22.
- [32] Лосев А.И., Наумов В.Д., Каменных Н.Л., Поляков А.М., Шмакова К.А. Характеристика гумусовых горизонтов дерново-подзолистых почв, формирующихся в условиях мегаполиса, на примере лесной опытной дачи РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязова // *Агрохимический вестник*, 2023. № 3. С. 40–46.
- [33] Газизуллин А.Х. Почвообразование, почвы и лес. Казань: Школа, 2005. 540 с.
- [34] Газизуллин А.Х., Сабиров А.Т. Экологические условия почвообразования Среднего Поволжья. Йошкар-Ола: Изд-во МарПИ, 1995. 100 с.
- [35] Газизуллин А.Х., Сабиров А.Т., Нагимов А.З. Взаимосвязь почв и лесной растительности Среднего Поволжья // *Почвообразование*, 1996. № 12. С. 1523–1529.

Сведения об авторах

Мухаметшина Айгуль Рамилевна [✉] — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства и лесных культур, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», aigulsafina@yandex.ru

Мусин Харис Гайнутдинович — д-р с.-х. наук, профессор кафедры лесоводства и лесных культур, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», haris.musin@rambler.ru

Мирсияпов Наиль Ильясович — аспирант кафедры таксации и экономики лесной отрасли, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», nail.86@mail.ru

Сибгатуллина Разиля Рустемовна — аспирант кафедры лесоводства и лесных культур, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», razilyshechka@mail.ru

Чернов Василий Иванович — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства и лесных культур, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», chernov85@mail.ru

Поступила в редакцию 05.04.2023.

Одобрено после рецензирования 21.06.2023.

Принята к публикации 15.07.2024.

STATE ASSESSMENT OF PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS IN PREDKAMYE (REPUBLIC OF TATARSTAN)

A.R. Mukhametshina [✉], **H.G. Musin**, **N.I. Mirsiyapov**,
R.R. Sibgatullina, **V.I. Chernov**

Kazan State Agrarian University, 65, K. Marx st., 420015, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

aigulsafina@yandex.ru

The results of protective forest plantations state assessment in Predkamye of the Tatarstan Republic are presented. The state assessment was carried out using the method of continuous recalculation, determining taxation indicators and categories of trees state on trial plots in accordance with regulatory documents. In total, 20 trial plots were established and surveyed in the Sabinsky, Arsky, and Atninsky municipal districts. It was established that, according to silvicultural and taxation indicators, the average age of the surveyed plantings equals to 48 years, forest density ranges from 0,5 to 0,9, and a quality class ranges from I to II. Based on the sanitary condition of the sites, trees of the 1st and 2nd categories were identified, on which forestry measures such as sanitary felling, a natural reforestation are recommended. An assessment of trees on trial plots shows that protective forest plantings fulfill their functions, slow down erosion and increase soil fertility, due to the accumulation of plant waste, in particular soft-wooded broadleaved trees. The average growth volumes of stem wood and carbon sequestration were calculated for each site. The largest volume of deposition was detected in mixed composition plantations of birch, pine, and poplar. It is indicated that poplar (*Populus*) is a promising species in carbon sequestration. This species was identified in two trial plots. According to silvicultural and taxation characteristics, the plantings are assigned to quality class II. Sanitary felling is recommended in these areas. The volume of carbon sequestration in these areas is set at 3,17 and 1,90 t/ha per year. Natural regeneration of the main forest-forming species of the Republic of Tatarstan is recorded in the areas, they are pedunculate oak, silver birch, Scots pine and Norway maple. Viable undergrowth contributes to the formation of stable mixed-composition, uneven-aged, complex-structured protective forest stands.

Keywords: protective forest plantations, soil erosion, gray forest soils, carbon sequestration

Suggested citation: Mukhametshina A.R., Musin Kh.G., Mirsiyapov N.I., Sibgatullina R.R., Chernov V.I. *Otsenka sostoyaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy v Predkam'e Respubliki Tatarstan* [State assessment of protective forest plantations in Predkamye (Republic of Tatarstan)]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 6, pp. 5–17. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-6-5-17

References

- [1] Petel'ko A.I., Novikov N.E. *Zashchitnoe lesorazvedenie* [Protective afforestation]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Bulletin of the AIC of Stavropol], 2014, no. 3 (15), pp. 175–176.
- [2] Suchkov D.K. *Rol' i ekonomicheskaya effektivnost' zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy v vosstanovlenii i preobrazovanii landshaftov* [The role and economic efficiency of protective forest plantings in the restoration and transformation of landscapes]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2018, no. 1(102), pp. 20–23.
- [3] Erusalimskiy V.I., Rozhkov V.A. *Mnogofunktional'naya rol' zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy* [Multifunctional role of protective forest plantings]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* [Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaeva], 2017, no. 88, pp. 121–137. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-121-137>
- [4] Petel'ko A.I. *Vosstanovlenie plodorodiya smytykh pochv* [Restoring the fertility of washed away soils]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Management], 2017, no. 1, pp. 94–100. DOI: 10.26897/1997-6011-2017-1-94-100

- [5] Zhang S.T., Zhang J.Z., Liu Y., Liu Y.C. [Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics. *Hydrology research*, 2018, v. 49, iss. 6, pp. 1991–2001.
- [6] Barabanov A.T. *Eroziionno-gidrologicheskaya otsenka vzaimodeystviya prirodnykh i antropogennykh faktorov formirovaniya poverkhnostnogo stoka talykh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie* [Erosion-hydrological assessment of the interaction of natural and anthropogenic factors in the formation of surface meltwater runoff and adaptive landscape agriculture]. Volgograd: Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2017, 188 p.
- [7] Barabanov A.T., Petel'ko A.I., Kulik A.V., Vypova A.V. *Novaya tekhnologiya razmeshcheniya stokoreguliruyushchikh lesnykh polos na sklonovykh zemlyakh* [New technology for placing flow-regulating forest strips on slope lands]. *Izvestia NV AUK*, 2019, no. 2 (54), pp. 119–126.
- [8] Petel'ko A.I., Novikov N.E. *Zashchitnoe lesorazvedenie* [Protective afforestation]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Bulletin of the AIC of Stavropol], 2014, no. 3(15), pp. 175–178.
- [9] Kulik K.N. *Strategiya razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii do 2025 goda* [Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation until 2025]. *Vestnik sel'skokhozyaystvennogo konstruirovaniya* [Bulletin of Agricultural Design], 2015, no. 3, pp. 5–11.
- [10] Proezdov P.N., Mashtakov D.A., Panfilov A.V. *Teoreticheskoe obosnovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrolesomeliatsii v stepnoy i sukhostepnoy zonakh Povolzh'ya* [Theoretical justification of adaptive landscape systems of agriculture and agroforestry in the steppe and dry steppe zones of the Volga region]. *Niva Povolzh'ya*, 2017, no. 2 (43), pp. 42–48.
- [11] Kulik K.N. *Razvitie agrolesomeliativnoy nauki v Rossii* [Development of agroforestry science in Russia]. *Izvestia NV AUK*, 2014, no. 3 (35), pp. 12–18.
- [12] Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S. *Prognoz razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossii do 2020 goda* [Forecast for the development of protective afforestation in Russia until 2020]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of forecasting], 2015, no. 4, pp. 48–57.
- [13] Kulik K.N. *Zashchitnoe lesorazvedenie v RF: problemy i strategiya razvitiya do 2020 g.* [Protective afforestation in the Russian Federation: problems and development strategy until 2020]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa* [Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex], 2009, no. 1, pp. 10–16.
- [14] Vol'nov V.V., Boyko A.V. *Kompleks meliorativnykh meropriyatiy v adaptivno-landshaftnom zemledelii* [Complex of reclamation measures in adaptive landscape agriculture]. *Vestnik AGAU* [Bulletin of the ASAU], 2015, no. 4 (126), pp. 35–40.
- [15] Ivanov A.Yu. *Bitva za klimat: karbonovoe zemledelie kak stavka Rossii* [The battle for climate: carbon agriculture as Russia's bet]. Eds. A.Yu. Ivanova, N.D. Durmanova. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2021, 120 p.
- [16] Sergienko V.G. *Vliyaniye ozhidaemogo izmeneniya klimata na balans ugleroda i produktivnost' ekosistem v lesnom sektore Rossiyskoy Federatsii* [The influence of expected climate change on the carbon balance and productivity of ecosystems in the forest sector of the Russian Federation]. *rudyy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry], 2018, no. 1, pp. 74–90.
- [17] Lakida P.I. *Zapasy ugleroda v fitomasse lesnykh fitosenozov Natsional'nogo parka «Pripyat» — Stokhod* [Carbon reserves in the phytomass of forest phytocenoses of the Pripyat — Stokhod National Park]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauchnykh trudov IL NAN Belarusi. Vypusk 77* [Problems of forestry and forestry: collection. scientific works of the IL NAS of Belarus. Issue 77]. Gomel: Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, 2017, pp. 99–107.
- [18] OST 56–69–83 *Ploshchadi probnye leoustroitel'nye. Metod zakladki* [Trial forest management areas. Bookmark method]. Moscow: CBMTleskhoz, 1984, 10 p.
- [19] Romanov E.M., Nureeva T.V., Miftakhov T.F., Puryaev A.S. *Ekologicheskaya i syr'evaya rol' lesov Respubliki Tatarstan* [Ecological and raw materials role of forests of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management], 2015, no. 2, pp. 5–18.
- [20] *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 09 dekabrya 2020 g. № 2047 «Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoy bezopasnosti v lesakh»* [Decree of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 no. 2047 «On approval of the Rules for sanitary safety in forests»]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (accessed 25.01.2023).
- [21] *Prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii RF ot 9 noyabrya 2020 g. № 910 «Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya lesopatologicheskikh obsledovaniy i formy akta lesopatologicheskogo obsledovaniya»* [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated November 9, 2020 no. 910 «On approval of the Procedure for conducting forest pathological examinations and the form of the forest pathological examination report»]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573140196> (accessed 25.01.2023).
- [22] *Postanovlenie Kabineta Ministrov Respubliki Tatarstan ot 12 marta 1997 g. № 216 «O Kompleksnoy programme povysheniya plodorodiya pochv i zashchity ikh ot erozii v Respublike Tatarstan na 1997–2005 gody»* [Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan dated March 12, 1997 No. 216 «On the Comprehensive Program for Improving Soil Fertility and Protecting them from Erosion in the Republic of Tatarstan for 1997–2005»]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/917007355> (accessed 25.01.2023).
- [23] Mukhametshina A.R., Petrova G.A., Musin Kh.G., Taziev I.R. *Analiz sostoyaniya agrolesolandshaftov Respubliki Tatarstan i puti ikh vosstanovleniya* [Analysis of the state of agroforestry landscapes of the Republic of Tatarstan and ways of their restoration]. *Innovatsionnye tekhnologii v agropromyshlennom komplekse v usloviyakh tsifrovoy transformatsii: mater. Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies in the agro-industrial complex in the conditions of digital transformation: material. Intl. scientific and practical conference], Volgograd, February 09–11, 2022, t. I. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2022, pp. 421–426.
- [24] Mukhametshin Z.A., Mukhametkhanova G.Z. *Zashchitnoe lesorazvedenie v usloviyakh Respubliki Tatarstan* [Protective afforestation in the conditions of the Republic of Tatarstan]. *Studencheskaya nauka — agrarnomu proizvodstvu: mater. 80-oy Studencheskoy (regional'noy) nauchnoy konferentsii* [Student science — agricultural production: material. 80th Student (regional) scientific conference], Kazan, February 08–09, 2022, t. 3. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2022, pp. 87–91.

- [25] Mukhametshina A.R., Musin Kh.G. *Otsenka sostoyaniya zashchitnykh nasazhdeniy na ovrazhno-balochnykh zemlyakh* [Assessment of the condition of protective plantings on ravine-beam lands]. *Tsirkulyarnaya ekonomika v sel'skom khozyaystve: mezhdunarodnyy opyt dlya Respubliki Tatarstan: sb. trudov po materialam «kruglogo stola» v ramkakh itogovoy kollegii Ministerstva sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya Respubliki Tatarstan* [Circular economics in agriculture: international experience for the Republic of Tatarstan: collection. works based on the materials of the «round table» within the framework of the final board of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan], Kazan, February 24–25, 2022. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2022, pp. 191–197.
- [26] Mukhametshina A.R., Musin Kh.G., Sabirova R.R., Taziev I.R. *Oblesenie krutykh sklonov posevom zheludey duba chereschatogo bez narusheniya sushchestvuyushchego landshafta* [Afforestation of steep slopes by sowing English oak acorns without disturbing the existing landscape]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya tekhnicheskoy bazy agropromyshlennogo kompleksa: nauchnye trudy Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati prof. A.P. Mart'yanova* [Current state and prospects for the development of the technical base of the agro-industrial complex: scientific proceedings of the All-Russian (national) scientific-practical conference dedicated to the memory of prof. A.P. Martyanova], Kazan, October 27–28, 2022, Kazan State Agrarian University. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2022, pp. 757–761.
- [27] Zaytsev B.D. *Pochvovedenie* [Soil science]. Moscow: Lesnaya prom-st, 1965, p. 367.
- [28] Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N., Lyudkevich E.I. *Eroziionnye protsessy v prirodno-antropogennykh geosistemakh yuzhnoy taygi Zapadno-Sibirskoy ravniny i ikh geoekologicheskie aspekty* [Erosion processes in natural-anthropogenic geosystems of the southern taiga of the West Siberian Plain and their geoecological aspects]. *Geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geology. Hydrogeology. Geocryology], 2014, no. 5, pp. 442–449
- [29] Ermolaev O.P., Igonin M.E., Bubnov A.Yu., Pavlova S.V. *Landshafty Respubliki Tatarstan. Regional'nyy landshaftno-ekologicheskiy analiz* [Landscapes of the Republic of Tatarstan. Regional landscape-ecological analysis]. Ed. O.P. Ermolaeva. Kazan: Slovo, 2007, 441 p.
- [30] Karetin L.N. *Pochvy Tyumenskoy oblasti* [Soils of the Tyumen region]. Novosibirsk: Nauka, 1990, 285 p.
- [31] Eremin D.I., Gruzdeva N.A. *Agrogennyye izmeneniya plotnosti serykh lesnykh pochv v Severnom Zaural'e* [Agrogenic changes in the density of gray forest soils in the Northern Trans-Urals]. *Sibirskiy vestnik s.-kh. nauki* [Siberian Bulletin of Agricultural Sciences. Sciences], 2017, t. 47, no. 5, pp. 13–22.
- [32] Losev A.I., Naumov V.D., Kamennykh N.L., Polyakov A.M., Shmakova K.A. *Kharakteristika gumusovykh gorizontov dervno-podzolistykh pochv, formiruyushchikhsya v usloviyakh megapolisa, na primere lesnoy opytnoy dachi RGAU-MSKha im. K.A. Timiryazova* [Characteristics of humus horizons of soddy-podzolic soils formed in a megalopolis, using the example of a forest experimental dacha of the Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazova]. *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Bulletin], 2023, no. 3, pp. 40–46.
- [33] Gazizullin A.Kh. *Pochvoobrazovanie, pochvy i les* [Soil formation, soils and forests]. Kazan: RIC «School», 2005, 540 p.
- [34] Gazizullin A.Kh., Sabirov A.T. *Ekologicheskie usloviya pochvoobrazovaniya Srednego Povolzh'ya* [Ecological conditions of soil formation in the Middle Volga region]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1995, 100 p.
- [35] Gazizullin A.Kh., Sabirov A.T., Nagimov A.Z. *Vzaimosvyaz' pochv i lesnoy rastitel'nosti Srednego Povolzh'ya* [The relationship between soils and forest vegetation of the Middle Volga region]. *Pochvoobrazovanie* [Soil Education], 1996, no. 12, pp. 1523–1529.

Authors' information

Mukhametshina Aygul' Ramilevna✉ — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forestry and Forest Crops, Kazan State Agrarian University, aigulsafina@yandex.ru

Musin Kharis Gainutdinovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Forestry and Forest Crops, Kazan State Agrarian University, haris.musin@rambler.ru

Mirsiyapov Nail' Il'yasovich — pg. of Kazan State Agrarian University, nail.86@mail.ru

Sibgatullina Razilya Rustemovna — pg. of the Department of Forestry and Forest Crops, Kazan State Agrarian University, razilyshechka@mail.ru

Chernov Vasily Ivanovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forestry and Forest Crops, Kazan State Agrarian University, chernov85@mail.ru

Received 05.04.2023.

Approved after review 21.06.2023.

Accepted for publication 15.07.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest