

ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛОНОВ ТОПОЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРБОНОВЫХ ПЛАНТАЦИЙ В ЦЧР

В.А. Царев, А.П. Царев², Р.П. Царева³, Е.Н. Милигула⁴

¹к.с.-х.н, старший научный сотрудник, ²д.с.-х.н, главный научный сотрудник, ³к.с.-х.н, ведущий научный сотрудник, ⁴младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, г. Воронеж, Россия

Аннотация. Представлены проблемы потепления климата и потенциал Российских лесов в поглощении и связывании парниковых газов. Приведены данные по росту и продуктивности 84 клонов тополей, произрастающих в ЦЧР. Отобраны наиболее продуктивные культивары, рекомендуемые при создании карбоновых плантаций. Среди них евро-американские сорта: 'Брабантика-176', 'Бахельери', 'Регенерата', 'Гельрика', 'Вернирубенс', 'Каролинский-162', 'Сакрау-59' и два межсекционных отечественных гибрида – 'Э.с.-38', 'Берлинский-130'. Представлены данные по высоте, диаметру, и запасу древесины, а также плотность древесины и длина древесинного волокна.

Ключевые слова: тополь, лесная селекция, карбоновая плантация, запас древесины, плотность и длина древесинного волокна, ранжирование.

SELECTION OF PROMISING POPLAR CLONES FOR CARBON PLANTATIONS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

V.A. Tsarev¹, A.P. Tsarev², R.P. Tsareva³, E.N. Miligula⁴

¹Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, ²Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, ³Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, ⁴Junior Researcher

All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

Abstract. The problems of climate warming and the potential of Russian forests in absorbing and sequestering greenhouse gases are presented. Data on the growth and productivity of 84 clones of poplars growing in the Central Chernozem region are presented. The most productive cultivars recommended for the carbon plantations were selected, among them Euro-American varieties: 'Brabantica-176', 'Bachelieri', 'Regenerata', 'Gelrika', 'Vernirubens', 'Karolinsky-162', 'Sacrau-59' and two intersectional domestic hybrids – 'E.s.-38', 'Berlinsky-130'. Data on the height, diameter, and stock of wood, as well as the density of wood and the length of the wood fiber are presented.

Keywords: poplar, forest tree breeding, carbon plantation, wood stock, density and length of wood fiber, ranking.

Введение. В последнее время в мире наблюдается общая тенденция потепления климата. Средняя температура земли поднимается каждое десятилетие. Имеющиеся данные метеонаблюдений в нашей стране позволяют проследить изменение температуры воздуха за последние 100 лет в любом регионе. Температурный анализ для Воронежской области показал, что средняя температура воздуха в регионе до 1976 г. колебалась в одном диапазоне.

В последующие годы она начала повышаться. За последние 50 лет линия тренда среднесуточных температур существенно поднялась (с 6,4°C в 1980 г. до 7,5°C в 2003 г., и до 8,5 °C – в 2021 г.) [1].

Данное повышение температуры воздуха связывается с увеличением роста выбросов парниковых газов в атмосферу. В 2021 г., по данным Международного исследовательского проекта *Global Carbon Digital*, мировые выбросы углекислого газа увеличились на 4,9 % и составили 36,7 млрд. т. в год [2].

В связи с увеличивающимся объемом выбросов парниковых газов (углекислый газ CO₂, метан CH₄, окись азота N₂O) лесные и другие экосистемы стали рассматриваться как способ связывания (депонирования) атмосферного углекислого газа. Часть углерода изымается из атмосферы растениями в результате процесса фотосинтеза и депонируется в стволах, ветвях, корнях и иной биомассе. По данным В. Родина, 1 га лесонасаждения (в среднем 300 деревьев) поглощает ежегодно 6,5 т углекислого газа и производит 5 т кислорода. Леса России являются крупным хранилищем и поглотителем углерода. Они поглощают в год до 2,5 млрд. т. углекислого газа [3].

Однако регионы юго-востока европейской части России, характеризуются засушливым климатом и низкой лесистостью, которые больше выбрасывают парниковых газов, чем их поглощают.

Главная задача в связи с потеплением климата – увеличить потенциал российских лесов в поглощении и связывании парниковых газов, реализации проекта по секвестрации углекислого газа, в том числе и путем лесоклиматических проектов [4]. Одним из типов лесоклиматических исследований является возможность реализации проекта, способствующего увеличению поглощения парниковых газов за счет интенсивного использования и воспроизводства лесов в рамках программы защитного лесоразведения на безлесных землях и увеличить долю версификации лесообеспечения на увеличение роста доли лиственных пород [5]. И тем самым, по мнению А. Кокорина, объем парниковых газов в РФ можно будет снизить на треть.

В связи с этим улучшить обстановку можно двумя путями: первый путь – снижение выбросов парниковых газов путем улучшения технологии производства продукции, к примеру путем расширения использования солнечной и ветровой энергии, перевода автомобильного транспорта на более широкое использование электродвигателей, использования передовых технологий в строительстве, отоплении и т.д.

Второй путь – это расширение площадей защитного лесоразведения, увеличение лесистости, увеличение объема поглощения парниковых газов за счет диверсификации доли лиственных пород и в первую очередь за счет быстрорастущих тополевых, так называемых “углеродных плантаций”.

В нашей стране есть огромное количество свободных земель, которые можно использовать для создания карбоновых плантаций.

Цель исследования. Изучить энергию роста различных клонов тополей на экспериментальных полигонах и отобрать быстрорастущие и высоко продуктивные, перспективные формы тополей, для создания “углеродных (карбоновых) плантаций” в ЦЧР, которые способны за короткий срок на минимальных площадях производить максимум биомассы и тем самым связывать парниковые газы.

Методика исследований. Изучение роста и продуктивности тополей проводилось на специально созданном испытательном объекте – Семилукском популетуме.

Посадка популетума осуществлялась зимними стеблевыми черенками. Для закладки популетума стеблевые черенки были получены из различных НИИ, ЛОС и ВУЗов бывшего СССР: ВНИИЛМ, ВНИАЛМИ, УкрНИИЛХА, СредАзНИИЛХ, КазСХИ, Астраханской ЛОС, МолдЛОС, Амурской ЛОС, Приссывашской ЛОС, Липецкой лесостепной ЛОС, Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ, Ленинградской ЛТА, Уманского СХИ, г. Мелитополя Запорожской области, г. Семилуки Воронежской области и др.

Площадь участка 4,6 га, размещение растений 4×5 м. Посадка проведена в 4-х кратной повторности. Всего было высажено 2 016 растений от 84 клонов тополей. В эксперимент было включено 6 белых пирамидальных тополей, 5 белых тополей с раскидистой формой кроны, 9 черных пирамидальных тополей и 32 культивара черных тополей с раскидистой формой кроны, 13 клонов бальзамических тополей и 19 межсекционных гибридов тополей отечественной и зарубежной селекции.

На данном участке проводились замеры высот и диаметров, определялась сохранность различных клонов тополей, плотность древесины и длина древесных волокон.

Замеры высот осуществлялись по дереву с помощью высотомера *Blume Leisse*, диаметров – мерной лентой. Объемы стволов определялись по таблицам *Hadži-Georgiev K., Goguševski M.* [6]. Запасы древесины рассчитывались по формуле:

$$W = \frac{V \times N \times S}{100}, (1)$$

где: V – объем ствола (м^3),

N – густота посадки (шт./га),

S – сохранность деревьев (%).

Оценка качества древесины проводилась по общепринятым методикам на боковых ветвях по Полубояринову О.И., Косиченко Н.Е. и Ширнину В.К. [7, 8].

Результаты исследований. Установлено, что из 84 испытываемых клонов тополей еще в ювенильном возрасте (в возрасте 5 лет) после первых сильных морозов зимы 1978/1979 г. из насаждений популетума выпали 9 клонов тополей. Это прежде всего представители итальянской, частично румынской и казахстанской селекции: ‘I-154’, ‘I-214’, ‘I-455’ (инв. №№ 7, 9, 15, 16, 17, 53), ‘Стремительный’ (инв. № 123), ‘Крупнолистный’ (инв. № 98), ‘Кзыл-Тан’ (инв. № 59).

В последующие годы выпали еще 7 клонов, в т.ч. все клоны тополя Болле (инв. №№ 137, 144, 145), алжирского (инв. №№ 1 и 25), т. ‘Полтавского’ (инв. № 14), черного пирамидального (инв. № Х₃), т.е. все белые и некоторые черные пирамидальные тополя, интродуцированные из Астраханской ЛОС и УкрНИИЛХА.

Высокая сохранность (70 % и более) в 7-летнем возрасте была у 37 клонов, в т.ч. у 20 евро-американских культиваров, 10-ти клонов бальзамических тополей и 7-ми межсекционных гибридов.

Показатели роста отобранных тополей в этом возрасте представлены в табл. 1 и 2. Как видно из данных табл. 1, средняя высота у черных тополей с раскидистой формой кроны варьировала от 10,4 м (у т. ‘Мариляндика’ инв. № Х₅) до 13,0 м (у т. ‘Вернирубенс’). Средняя высота у культиваров этой группы в 7 лет была 11,9 м. Диаметры варьировали от 15,8 см (у т. ‘Робуста-236’) до 20,2 см (у т. ‘Регенерата’), а в среднем составляли 17,9 см.

Средняя высота у бальзамических тополей и межсекционных гибридов в 7 лет составляла 10,6 и 10,9 м, а средний диаметр – 14,5 и 15,5 см соответственно (табл. 2).

Средний запас древесины в 7 лет в целом по секциям варьировал от 41 $\text{м}^3/\text{га}$ (в группе бальзамических) до 75 $\text{м}^3/\text{га}$ (в группе черных тополей с раскидистой формой кроны). Наибольший запас древесины отмечен в группе евро-американских культиваров (до 94 $\text{м}^3/\text{га}$). Существенно им уступали по продуктивности как бальзамические тополя (41 $\text{м}^3/\text{га}$), так и межсекционные гибриды (53 $\text{м}^3/\text{га}$) (см. табл. 1 и 2).

У местного тополя осокоря, который используется в качестве контроля, показатели роста существенно уступают интродуcentам и новому сорту ‘Э.с.-38’, выведенному в регионе (авторы проф. Вересин М. М. и проф. Царев А. П.). Средняя высота в 7 лет у осокоря была 10,2 м, диаметр, 14,0 см. Запас древесины из-за низкой сохранности этого тополя в 7 лет был равен 41 $\text{м}^3/\text{га}$. Более наглядно запасы древесины можно видеть на диаграмме (рис. 1).

Анализ плотности древесины и длины древесинного волокна показал, что параметры плотности древесины у изучаемых тополей в группе евро-американских культиваров варьировала от 422 до 504 кг/м³, в группе бальзамических тополей и межсекционных гибридов – от 366 до 495 кг/м³. В среднем по секциям плотность древесины у евро-американских тополей была равна 456, у бальзамических – 439 и у межсекционных гибридов – 433 кг/м³, то есть были достаточно близкими и не имели достоверных различий.

Длина древесинных волокон либриформа в группе евро-американских гибридов в среднем была равна – 801 мкм, у бальзамических – 658 мкм, у межсекционных гибридов – 791 мкм, т. е. варьирование было более существенным, что позволяет делать отбор клонов тополей с наиболее длинным древесинным волокном. Так, из табл. 1 и 2 видно, что максимальные показатели длины волокон (ранги 1-5), в группе черных евро-американских культиваров отмечены у ‘Брабантики-176’, ‘Бахельери’, ‘Регенераты’, ‘Робусты’, ‘Гельрики’ и др. (850-975 мкм), среди бальзамических – у волосистоплодного № 83, китайского, душистого и лавролистного (648-739 мкм), среди межсекционных гибридов – у сорта ‘Э.с.-38’, гибридов № 10 и № 300, у берлинского (704-875 мкм).

Таблица 1. Показатели роста и продуктивности черных тополей с раскидистой формой кроны в 7 лет, произрастающих на Семилукском популетуме (размещение 4×5 м)

№№ п/п	Наименование тополя	Инв. №№	Сохран- ность, %	Высота , м	Диаметр , см	Запас, м ³ /га	Плот- ность древе- сины, кг/м ²	Длина древесин- ного волокна, мкм
1	2	3	4	5	7	9	11	13
1	Бахельери	30	75	11,8	17,0	67	472	866
2	Брабантика-175	158	63	12,4	17,8	76	486	833
3	Брабантика-176	36	96	12,4	18,1	79	469	975
4	Брабантика-176	56	96	12,5	18,0	79	478	796
5	Вернирубинс	54	92	13,0	17,7	75	448	824
6	Гельрика	21	88	11,5	20,0	91	428	835
7	Гельрика	80	88	11,5	19,5	87	455	803
8	Каролинский-162	162	83	12,2	17,8	76	504	833
9	Мариландика-476	88	88	11,0	17,2	65	422	816
10	Мариландика	X ₅	92	10,4	17,1	62	460	702
11	Регенерата	78	92	12,2	19,3	89	441	846
12	Регенерата	79	71	11,6	20,2	94	450	778
13	Регенерата	90	88	12,0	18,6	82	438	864
14	Регенерата	116	88	13,0	17,7	75	447	807
15	Робуста-195	33	79	12,2	17,9	77	470	975
16	Робуста-236	156	92	11,5	15,8	57	461	848
17	Робуста	57	92	11,8	17,7	73	459	859
18	Робуста	60	100	11,6	16,7	64	451	846
19	Робуста	66	88	11,5	16,6	63	476	798
20	Сакрау-59	161	88	12,3	16,5	65	453	702
Среднее по группе:			87	11,9	17,9	75	456	801
21	Осокорь (контроль)	131	54	10,2	14,0	41	451	685

Таким образом, при многолетних испытаниях на Семилукском популетуме выявлены клоны тополей, выпавшие из насаждений в первые годы исследований (16 клонов из 84, т.е. 19 %). Из оставшихся 68 клонов отобраны 31 форма с высокой сохранностью и высокими показателями роста и продуктивности, среди которых 20 клонов евро-американских культиваров, 6 клонов бальзамических тополей и 5 клонов межсекционных гибридов отечественной и зарубежной селекции (ранги 1-5). Все эти тополя можно рекомендовать как для защитных и промышленных насаждений, так и для создания карбоновых плантаций в регионе.

Многие из отобранных клонов тополей прошли испытания и в других регионах лесостепной, степной и полупустынной зон ЕТС [9-10].

В Волгоградской области испытания проводились в Кумылженском лесничестве Подтелковского лесхоза в пойме рек Кумылги и Песковатки и в Руднянском лесхозе на богаре. Испытывались 18 клонов, из них 2 бальзамических, 13 евро-американских культиваров и 2 межсекционных гибрида [9].

Сохранность тополей в пойменных условиях в 7 лет варьировала от 56 до 95 % и в среднем составила 75 %. Средняя высота была 24,2 м, диаметр – 28 см, запас древесины – 544 м³/га. Наилучшие показатели продуктивности были отмечены у евро-американских культиваров: ‘Бахельери’, ‘Вернирубенса’, ‘Мариландики’, ‘Регенераты’, ‘Робусты’, ‘Сакрау-59’, ‘Серотины’. Из отечественных гибридов наибольшие запасы древесины в 7 лет были и у сорта ‘Э.с.-38’ [9].

Таблица 2. Ранговая оценка роста и продуктивности бальзамических тополей и межсекционных гибридов в 7 лет, произрастающих на Семилукском популетуме (размещение 4×5 м)

№№ п/п	Наименование тополя	Инв. №№	Сохранность, %	Высота , м	Диаметр , см	Запас, м ³ /га	Плотность древесины, кг/м ²	Длина древесинного волокна, мкм
1	2	3	4	5	7	9	11	13
I Бальзамические тополя								
1	бальзамический	X ₆	17	10,1	14,0	41	366	739
2	волосистоплодный	45	24	11,5	14,2	46	431	606
3	волосистоплодный	83	24	11,5	14,6	49	424	728
4	волосистоплодный	84	22	11,1	14,8	49	434	639
5	волосистоплодный	110	23	11,0	13,9	43	445	626
6	душистый	100	24	9,1	11,8	27	467	652
7	китайский	85	24	11,1	16,0	57	480	648
8	китайский	133	24	12,5	16,6	7	495	597
9	лавролистный	99	24	11,0	13,7	42	440	723
10	Максимовича	86	19	10,0	14,9	46	405	621
Среднее:		78	23	10,9	14,5	41	439	658
II Межсекционные гибриды								
1	Берлинский	130	20	10,5	16,1	55	419	704
2	Ивантеевский	46	24	10,5	15,7	52	407	750
3	Ленинградский	104	19	8,6	11,6	25	433	774
4	Невский	105	24	10,2	13,0	35	426	652

5	Э.с.-38	44	22	11,8	16,8	66	461	864
6	Э.с.-38	94	24	11,5	17,4	69	461	875
7	Гибрид №300	49	24	11,8	16,5	64	448	846
8	Гибрид №10	106	19	10,0	16,5	56	405	866
Среднее:			22	10,6	15,5	53	433	791

Установлено, что на рост и продуктивность тополей в большей степени оказывало влияние происхождение (генотип). Влияние генотипа подтверждается дисперсионным анализом. Сила влияния фактора “генотип” на рост тополей и продуктивность составила 48 %.

Сортоиспытания различных клонов и сортов тополей, проведенные в полупустынной зоне Астраханской области и на Нижней Волге, показали также преимущество евроамериканских черных тополей над бальзамическими и некоторыми межсекционными гибридами [10].

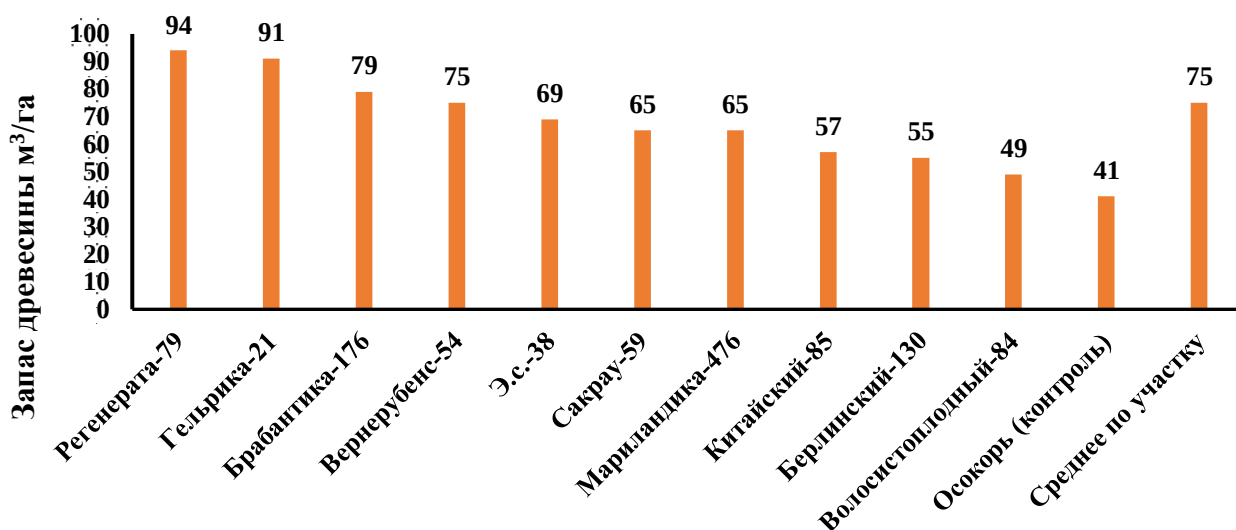


Рис. 1. Диаграмма запасов стволовой древесины у отселектированных тополей, произрастающих на Семилукском популетуме в возрасте 7 лет.

Таким образом, негативное влияние потепления климата возможно путем расширения площадей лесоразведения, что приведет к увеличению лесистости и объема поглощения парниковых газов за счет диверсификации доли лиственных пород и, в первую очередь, быстрорастущих тополевых, так называемых “углеродных (карбоновых) плантаций”. При этом в ЦЧР наиболее продуктивными из испытываемых 84 клонов тополей оказались евроамериканские культивары черных тополей с раскидистой формой кроны. Среди них можно выделить тополя ‘Бахельери’, ‘Брабантика’, ‘Вернирубенс’, ‘Гельрика’, ‘Каролинский’, ‘Мариландика’, ‘Регенерата’, ‘Робуста’ и ‘Сакрау-59’. Из отечественных гибридов лучшие показатели продуктивности древесины отмечены у межсекционных гибридов Берлинского-130 и ‘Э.с.-38’. Отмеченные клоны можно рекомендовать для создания карбоновых плантаций в ЦЧР.

Список литературы

1. Температура воздуха и осадков по месяцам и годам, Воронеж (Воронежская область, Россия). – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34123.htm> (Дата обращения 17.07.25).
2. Деревья против парниковых газов: как работают лесоклиматические проекты. – URL: <https://dzen.ru/a/Y3YWtMYT93qWfBCd> (Дата обращения 17.07.25).

3. Декарбонизация как путь для сдерживания изменения климата. – URL: <https://teplokarta.ru/dekarbonizacija-kak-put-dlya-sderzhivaniya-izmeneniya-klimata> (Дата обращения 17.07.25).
4. Крейденко Т. Лесоклиматические проекты как средство декарбонизации российской экономики // Журнал “Лесной комплекс”. – URL: <https://forestcomplex.ru/forestry/lesoklimaticheskie-proekty-kak-sredstvo-dekarbonizacii-rossijskoj-ekonomiki/> (Дата обращения 17.07.25).
5. Декарбонизация SONAR-2050. Как ЕАЭС адаптируется к европейской политике углеродной нейтральности. – URL: <https://www.sonar2050.org/publications/dekarbonizacija/> (Дата обращения 17.07.25).
6. Hadži-Georgiev K., Goguševski M. Dvolazne tabele mass za topola klon Populus euramericana cv. I-214 u Gevgeliskom području [Two-way mass tables for Poplar clones Populus euramericana cv. I-214 in the Gevgeli area]. Topola [Poplar], 1972. T. XVI. No. 90. P. 25–29. (in Serbian-Croatian).
7. Полубояринов О.И. Плотность древесины. Лесная пром-сть М. 1976. – С. 160. – URL: https://rusneb.ru/catalog/002072_000044_ARONB-RU_Архангельская+ОНБ_DOLIB_-510260/?ysclid=lu2fdkfq18668761124. (Дата обращения 31.07.25).
8. Косиченко Н.Е., Ширнин В.К. Ранняя диагностика качества древесины тополей по ее структуре. Лесоведение М., 1973. – С. 78-83.
9. Царева Р.П., Царев В.А. Результаты многолетних испытаний различных форм и гибридов тополей в Волгоградской области // Труды Кубанского Государственного Аграрного Университета. – Вып. 4 (73), 2018 : Материалы четвертой международной научно-практической конференции “Инновационные технологии в области генетики, селекции, семеноводства и размножения растений” – Ялта: КубГАУ, 3-8 сентября 2018. – Том 2. – С. 244-248.
10. Царев А.П., Царев В.А., Царева Р.П. Возможности лесовыращивания в Астраханской полупустыне // Научный форум “Биотехнология: наука, практика и инноваций” (Астрахань, 15-16 декабря 2021 года). – Астрахань: ФГБОУ ВО Астраханский госуниверситет, 2022. – С. 68-72.

References

1. Air and precipitation temperature by month and year, Voronezh (Voronezh Region, Russia). – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34123.htm> (Accessed 17.07.25).
2. Trees against greenhouse gases: how forest climate projects work. – URL: <https://dzen.ru/a/Y3YWtMYT93qWfBCd> (Accessed 17.07.25).
3. Decarbonization as a way to curb climate change. – URL: <https://teplokarta.ru/dekarbonizacija-kak-put-dlya-sderzhivaniya-izmeneniya-klimata> (Accessed 17.07.25).
4. Kreidenko T. Forest-climatic projects as a means of decarbonization of the Russian economy // Journal “Forest Complex”. – URL: <https://forestcomplex.ru/forestry/lesoklimaticheskie-proekty-kak-sredstvo-dekarbonizacii-rossijskoj-ekonomiki/> (Accessed 17.07.25).
5. Decarbonization of SONAR-2050. How is the EAEU adapting to the European carbon neutrality policy? – URL: <https://www.sonar2050.org/publications/dekarbonizacija/> (Accessed 17.07.25).
6. Hadži-Georgiev K., Goguševski M. Dvolazne tabele mass za topola klon Populus euramericana cv. I-214 u Gevgeliskom području [Two-way mass tables for Poplar clones Populus euramericana cv. I-214 in the Gevgeli area]. Topola [Poplar], 1972. T. XVI. No. 90. P. 25–29. (in Serbian-Croatian).
7. Poluboyarinov O.I. Wood density. Lesnaya prom-st M. 1976. – p. 160. – URL: https://rusneb.ru/catalog/002072_000044_ARONB-RU_Arkhangelsk+ONB_DOLIB_-510260/?ysclid=lu2fdkfq1866876112 (Accessed 31.07.25).

8. Kosichenko N.E., Shirnin V.K. Early diagnosis of poplar wood quality by its structure. Forest Science, Moscow, 1973, pp. 78-83.
9. Tsareva R.P., Tsarev V.A. The results of long-term tests of various forms and hybrids of poplars in the Volgograd region // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – Issue 4 (73), 2018 : Proceedings of the fourth international scientific and practical conference “Innovative technologies in the field of genetics, breeding, seed production and plant propagation” – Yalta: KubGAU, September 3-8, 2018. – Volume 2. – pp. 244-248.
10. Tsarev A.P., Tsarev V.A., Tsareva R.P. The possibilities of forest cultivation in the Astrakhan semi-desert // Scientific Forum “Biotechnology: science, practice and innovation” (Astrakhan, December 15-16, 2021). – Astrakhan: Astrakhan State University, 2022. – pp. 68-72.